



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## **FACULTAD DE INGENIERIA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL

APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM),  
PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD, EN UNA PLANTA DE  
ASFALTO DE LA EMPRESA ABC, CAJAMARQUILLA, 2016.

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:**  
INGENIERO INDUSTRIAL

**AUTOR:**

MELISARIO PRADO PAQUIYAURI

**ASESOR METODOLÓGICO:**

Mg. TERESA MIRANDA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

**LIMA – PERÚ**

**2017**

**PAGINAS DEL JURADO**

---

PRESIDENTE

---

SECRETARIO

---

VOCAL

## **DEDICATORIA**

La presente tesis está dedicado a Dios, quien me brindo a Dionisia, Valerio y Segunda mis padres maravillosos, y en memoria de mi padre Donato.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por el regalo de la vida y por permitir a través de innumerables experiencias y personas valiosas, seguir hacia adelante en mi vida personal y profesional.

A mi familia por su constante apoyo incondicional.

A Ing. Teresa Miranda por sus recomendaciones y observaciones para la presente tesis.

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Yo, Melisario Prado Paquiyaury con DNI 43635724, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 22 de diciembre del 2016

---

Melisario Prado Paquiyaury

DNI 43635724

## **PRESENTACION**

Señores miembros del Jurado:

Dando cumplimiento a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos sección de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería, someto a vuestro criterio profesional la evaluación del trabajo de investigación descriptivo transversal titulado: “Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), para mejorar la productividad, en una planta de asfalto de la empresa ABC, Cajamarquilla 2016.”

Capítulo I, se describe la realidad problemática de la planta de asfalto de la empresa ABC, tomando como referencia los trabajos previos para profundizar nuestra teoría relacionada sobre el objetivo de la investigación.

Capítulo II, la presente investigación es de diseño cuasi experimental, de enfoque cuantitativo, de transversal con mediciones antes y después de aplicar el Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Capítulo III, se describe los pasos que involucra aplicar el Mantenimiento Productivo Total (TPM), luego se analiza los datos obtenidos antes y después de aplicar la filosofía.

Capítulo IV, los resultados obtenidos se discuten con los trabajos previos que sirvieron de apoyo para la siguiente investigación.

Capítulo V, VI, se da a conocer las conclusiones y las recomendaciones de la presente investigación.

Capítulo VII, finalmente se conocerá las referencias bibliográficas consultadas, asimismo se recopilaran los anexos resultantes de la presente investigación.

Espero que toda dedicación y esfuerzo en la elaboración del presente trabajo de investigación responda a las expectativas. Señores miembros del jurado sobre dispensas, los errores que en forma involuntaria hubiese podido cometer.

Con la convicción de que se le otorgara el valor justo y mostrando apertura a sus observaciones, les agradezco por anticipado las sugerencias y apreciaciones.

# ÍNDICE GENERAL

Páginas del jurado	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Declaración de autenticidad	v
Presentación	vi
Índice general	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Resumen	xii
Abstract	xiii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1. Realidad Problemática	02
1.2. Trabajos previos	07
1.3. Teorías relacionadas al tema	16
1.3.1. TPM	16
1.3.1.1 Evolución al TPM	18
1.3.1.2 TPM Conceptos y características	20
1.3.1.3 Implantación de la Filosofía TPM	22
1.3.1.4 Las seis grandes pérdidas	27
1.3.1.5 Beneficios del TPM	29
1.3.1.6 Eficiencia Global de los Equipos	29
1.3.1.7 Tipos de mantenimiento	31
1.3.2 Productividad	37
1.3.2.2 Eficacia	40
1.3.2.3 Eficiencia	41
1.3.2.4 Efectividad	41
1.3.2.5 Factores de la productividad	42
1.4 Formulación del problema	44
1.5 Justificación del estudio	45
1.6 Hipótesis	47
1.7 Objetivos	48
<b>II. METODO</b>	
2.1. Diseño de estudio investigación	50
2.2. Variables de operacionalización	51
2.3. Población y muestra	54
2.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	54
2.5. Métodos de análisis de datos	55
2.6. Aspectos éticos	56
2.7. Diagnostico actual de la empresa	56

<b>III.</b>	<b>RESULTADOS</b>	
3.0	Resultados de análisis de datos	85
3.1	Resultados de análisis descriptivo	85
3.2	Resultados de análisis inferencial	93
3.2.1	Pruebas de normalidad	93
3.2.2	Pruebas de contrastación de hipótesis	110
<b>IV</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	114
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	116
<b>VI</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	117
<b>VII</b>	<b>REFERENCIAS</b>	118
	<b>ANEXOS</b>	



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Ponderación de la influencia sobre la planta	70
Tabla 03. Ahorro obtenido.	74
Tabla 04. Paradas de produccion antes TPM 2015	75
Tabla 05. Paradas de produccion despues TPM 2016	75
Tabla 06. Indicador de reducción parada de producción	76
Tabla 10.Costo de implantacion TPM	83
Tabla 12.Productividad de planta antes TPM 2015	85
Tabla 13.Productividad de planta despues TPM 2016	86
Tabla 14.Resultados estadisticos productividad	87
Tabla 15.Eficacia de planta antes de aplicar el TPM	88
Tabla 16.Eficacia de planta despues de aplicar el TPM	89
Tabla 17.Resultados estadisticos eficacia	90
Tabla 18.Eficiencia de planta antes de aplicar el TPM	90
Tabla 19.Eficiencia de planta despues de aplicar el TPM	91
Tabla 20.Resultados estadisticos eficiencia	92
Tabla 21.Frecuencias productividad antes TPM 2015	94
Tabla 22.Normalidad productividad antes TPM 2015	95
Tabla 23.Frecuencias eficacia antes TPM 2015	96
Tabla 24.Normalidad eficacia antes TPM 2015	97
Tabla 25.Frecuencias eficiencia antes TPM 2015.	99
Tabla 26.Normalidad - eficiencia antes TPM 2015.	100
Tabla 27.Frecuencia productividad después del TPM 2016.	102
Tabla 28.Normalidad productividad después del TPM 2016	103
Tabla 29.Frecuencias eficacia después del TPM 2016	104
Tabla 30.Normalidad eficacia después TPM 2016	105
Tabla 31.Frecuencias eficiencia después del TPM 2016	107
Tabla 32.Normalidad eficiencia después del TPM 2016	108
Tabla 33.Estadísticos emparejados productividad	110
Tabla 34.Prueba de muestras emparejadas productividad	110
Tabla 35.Estadísticos emparejadas eficacia	111
Tabla 36.Prueba de muestras emparejadas eficacia	111
Tabla 37.Estadísticos emparejadas eficiencia	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Problemática 6 M	05
Figura 2. Reporte de incidencias	06
Figura 3. Distribución de incidencias	06
Figura 4. Análisis Pareto	07
Figura 5 Evolución del TPM.	19
Figura 6. Relación entre los tres conceptos	21
Figura 7. Etapas del TPM	26
Figura 8. Agrupación de las perdidas	27
Figura 9. Relación de coeficientes de eficiencia y las seis grandes pérdidas	30
Figura 10. Tiempos operativos	30
Figura 11. Niveles de mantenimiento autónomo	32
Figura 12. Clasificación del mantenimiento planificado	35
Figura 13. Etapas de mantenimiento planificado	36
Figura 14. Operacionalización variable independiente	52
Figura 15. Operacionalización variable dependiente	53
Figura 16. Diagrama de flujo de la planta.	57
Figura 17. Diagrama de operaciones del proceso	58
Figura 18. Cronograma de aplicación TPM	59
Figura 19. Plan maestro de implantación	62
Figura 22. Evaluación de problemas en Brainstorming	68
Figura 23. Análisis Ishikawa 5M	69
Figura 24. Grafica de sector 5M.	70
Figura 25. Grafica de distribución Pareto 80 – 20.	71
Figura 26. Análisis 5 Why	72
Figura 27. Consumo de combustible antes de TPM	73
Figura 28. Consumo de combustible después de TPM	73
Figura 29. Grupos electrógenos	74
Figura 30. Análisis Ishikawa por áreas definidas	76
Figura 31. AMFE medios – antes tpm	78
Figura 32. AMFE medios – despues tpm	79
Figura 33. Descarga antes TPM	80

Figura 34. DAP antes de TPM 2016	81
Figura 35. . DAP despues de TPM 2016	82
Figura 42. Datos procesados Software SPSS V. 22	93

## RESUMEN

Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la productividad, en una planta de asfalto de la empresa ABC, Cajamarquilla 2016, cuyo objetivo fue determinar de qué manera la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora los índices de productividad, pues es una filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento.

Cuatrecasas y Torrell (2010) nos describen las pautas para aplicar adecuadamente la filosofía TPM, asimismo tomaremos los conceptos teóricos de García Cantú (2010), quien define específicamente el concepto de productividad diferenciándose de sus dimensiones eficacia y efectividad.

El diseño de la investigación es cuasi experimental, de tipo explicativa y aplicada de enfoque cuantitativo, de corte longitudinal pues se toman los datos de un periodo específico, los datos serán procesados por el software estadístico SPSS V.22 y con ellos se discute, concluye y se recomienda.

Se concluye que la aplicación de la filosofía TPM mejoró significativamente los índices de productividad antes y después de aplicar el TPM donde se redujo significativamente el consumo de combustible generando una rentabilidad de S/. 5.822,20 nuevos soles.

**Palabras Claves:** TPM, productividad, administración del mantenimiento

## **ABSTRACT**

Application of Total Productive Maintenance (TPM) to improve productivity in an asphalt plant of the company ABC, Cajamarquilla 2016, whose objective was to determine how the application of Total Productive Maintenance (TPM). Is a philosophy of work in productive plants that is generated around the maintenance.

Cuatrecasas and Torrell (2010) describe the guidelines for properly applying the TPM philosophy, as well as the theoretical concepts of García Cantú (2010), which specifically defines the concept of productivity, differentiating effectiveness and effectiveness from its dimensions.

The design of the research is quasi experimental, of an explanatory and applied type of quantitative approach, of longitudinal cut since the data of a specific period are taken, the data will be processed by the statistical software SPSS V.22 and with them it is discussed, it concludes And is recommended.

It is concluded that the application of the TPM philosophy significantly improved the productivity indexes before and after applying the TPM where the fuel consumption was significantly reduced, generating a profitability of S /. 5,822.20 nuevos soles.

Keywords: TPM, productivity, maintenance management

# I

## INTRODUCCIÓN

## 1.1 Realidad Problemática

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) es una filosofía de trabajo cuyo objetivo es incrementar la eficiencia de las instalaciones y equipos, reducir pérdidas y crear una cultura de mejora continua, la cual es reflejada en la productividad.

Durante la década de los 70 el Japón vivía una dura recesión económica, para ello el (JIPM)<sup>1</sup> Japan Institute of Plant Maintenance, sumo esfuerzos para crear el TPM como un sistema para el control de equipos en las plantas.

Desde sus inicios hasta la actualidad diversas compañías han adoptado su filosofía, tal es el caso de Ford, Kodak, Dana Corp., Allen Bradley, Harley Davidson; todas las que aplicaron la filosofía reportan una mayor productividad, con una inversión inicial considerable pero que una vez culminada aumentan notablemente su productividad la cual es reflejada en las utilidades generadas. El TPM está ligado directamente a la mejora de la productividad.

La palabra productividad está asociado al crecimiento económico y se ha vuelto tan popular en la actualidad; revistas, periódicos, discursos políticos, conferencias son solo alguna de las fuentes que a diario nos informan sobre el mismo.

Sus primeros conceptos se atribuyen a la revolución industrial europea, y fue innovando constantemente hasta el escenario actual que subraya la necesidad de impulsar la productividad en todas las áreas de la organización, ya que ello asegura un desarrollo sostenible en aras de la lucha contra la pobreza y la desigualdad aun imperante en muchos estados.

Los diferentes tratados comerciales suscritos por nuestro país, ha permitido la apertura de nuevos mercados, los cuales son altamente competitivos obligando a la industria nacional implantar sistemas de gestión y aplicación de herramientas que permitan mejorar su eficiencia de planta, es por ello que el TPM fue implantada inicialmente por multinacionales. Claro ejemplo de las empresas que implementaron el TPM son Alicorp, Kimberly Clark, Grupo Gloria, Ajeper, Corporación Lindley, entre otras; pues consideraron que son necesarias y fundamentales para mejorar sus procesos promoviendo la mejora continua. El

---

<sup>1</sup> JIPM: Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas, encargado de controlar las industria japonesa.

grado de inversión inicial para implementar el sistema es relativamente alto, pero una vez aplicada se notaran los beneficios a corto, largo y mediano plazo.

Durante el último quinquenio nuestra productividad empezó caer ligeramente desde el 2011 apoyado por la crisis europea y la recesión que afecta nuestro principal destino de exportación, siendo la China. La ciudad capital alberga el 32% de la población peruana y el 50% de la población urbana del país concentrando el 45% del PBI, por esta razón las empresas de Lima son más productivas que en el resto del país.

Mejorar nuestra productividad es fundamental para que el Perú siga creciendo, pero los esfuerzos deben ir más allá de Lima, es decir descentralizar las actividades económicas a nivel nacional, invirtiendo en vías de comunicación, proyectos de infraestructura, fomentar industrias en provincias, etc.

La empresa ABC, dedicada al rubro de la construcción e infraestructura vial cuenta con instalaciones y equipos que nos permiten operar a nivel nacional, nuestra misión es la satisfacción de nuestros clientes y al usuario final, respetando los factores socios ambientales en las comunidades donde realizan sus actividades. Dentro de nuestras actividades principales es el desarrollo de infraestructura vial que consiste en la elaboración de la mezcla asfáltica en frio o caliente, dicho proceso que tiene que cumplir estándares y normas nacionales e internacionales de legislación vigente. El área de equipos es el responsable para administrar las operaciones de la planta industrial de asfalto.

Nuestra planta industrial de producción de mezcla asfáltica en caliente es de procedencia alemana, caracterizándose por ser una maquina moderna con una capacidad nominal de producción de 150 TN/H, y está instalada en una zona industrial ubicada afueras de la ciudad de Lima por ser un punto estratégico para las operaciones de nuestro cliente final y por temas socios ambientales. La ubicación de la planta afueras de la ciudad, conlleva también una serie de problemas que dificultan la rápida acción ante una posible falla de máquina y otros, como por ejemplo pérdidas de tiempo por el trafico constante de transporte en la compra de repuestos y materiales.



Las constantes paradas por fallas de máquina, por mala calidad del producto y por falta de respuesta del operador, producen mermas que no son reprocesarles, incumplimiento hacia el cliente generando penalidades, perdidas en horas hombre, horas máquina, dichas perdidas pueden ascender a S/. 2000.00 nuevos soles por jornada de producción.

Las diferentes falencias antes mencionadas, la falta de mejoras, y el poco interés por parte de los colaboradores han conllevado a la baja de la productividad de la organización reflejándose en los diferentes índices que se demuestran en el capítulo de resultados.

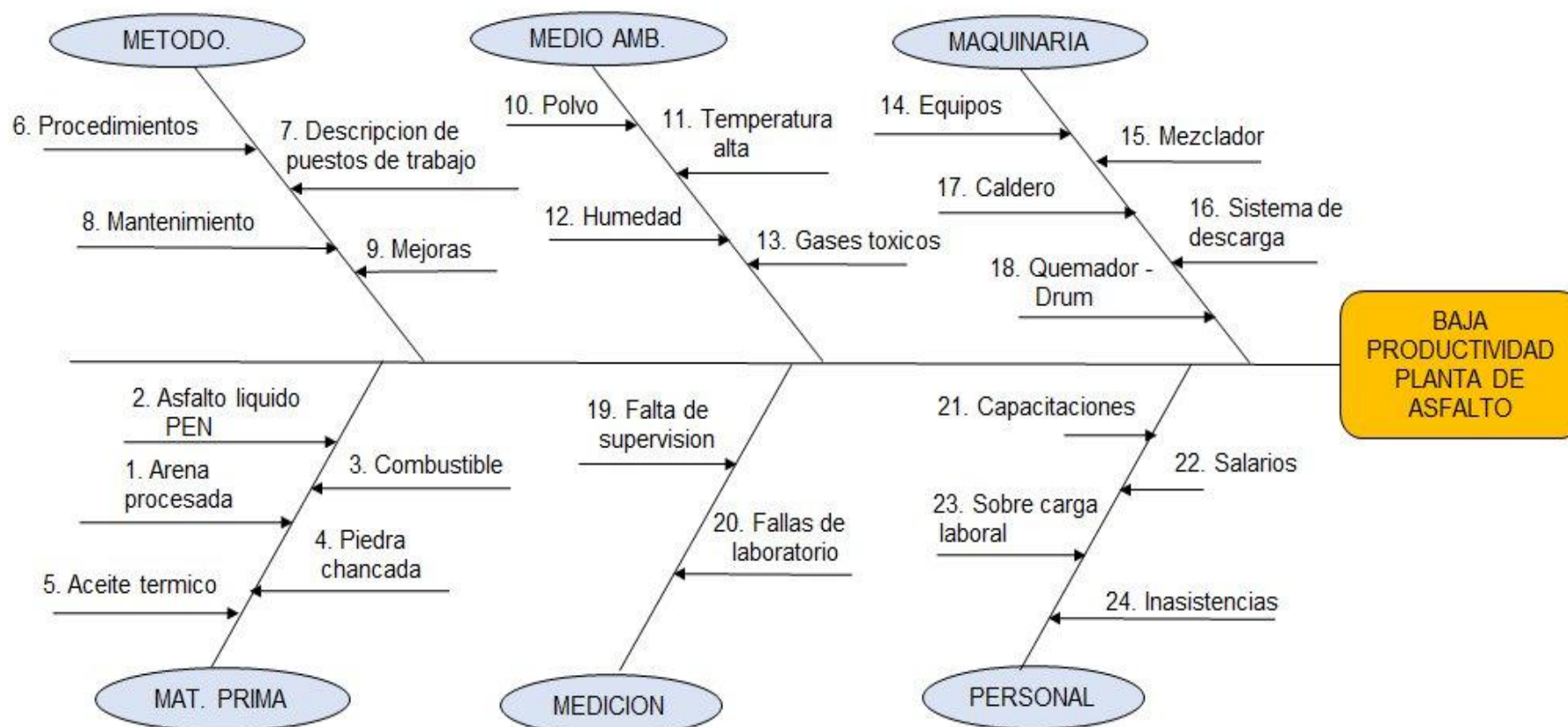
Con respecto al cumplimiento de las metas propuestas no se cumplen debido a la mala organización, planificación y control de los insumos de materia prima. Los agregados no cumplen con un control de calidad en el acopio de sus respectivas canteras, y en cuanto al sistema de descarga del PEN (asfalto líquido), cuenta con un pequeño tanque generando horas hombre muerta.

Nuestra planta por ubicarse afueras de la ciudad, cuenta con un suministro de energía eléctrica térmica, es decir grupos electrógenos que trabajan bajo el principio de funcionamiento que es la quema de combustibles fósiles, y trabajan en promedio 16 horas por jornada de producción, donde se presentan perdidas de energía y aumento de costos de mantenimiento.

Por ello la alta dirección tomo la decisión implementar el TPM para obtener cero perdidas y obtener mayor rentabilidad.

El siguiente diagrama de Ishikawa nos proporciona una vista general de las principales causas que nos representa nuestra realidad problemática, nos basaremos en las 6 M (maquinaria, métodos, medios, medio ambiente, materia prima).

Figura 1. Problemática de las 6M



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo de los reportes de incidencias por áreas, se ordenó por su frecuencia los principales eventos que afectan la problemática de la empresa.

El área de producción presenta el mayor número de incidencias con 37% del total de los reportes se presenta constantes fallas en las maquinaria, seguidos por el área de mantenimiento que no cuenta con un sistema de mantenimiento sistemático (planificado, preventivo, correctivo, predictivo). Asimismo el área de logística presenta inconvenientes por las diferentes sobrecargas de trabajo debido que en planta se demora en la recepción de materia prima (recepción de diésel industrial, recepción de asfalto liquido (PEN), recepción de agregados (piedra, gravilla, arena), todas estas demoras se producen por los diferentes cuellos de botella que presenta la planta.

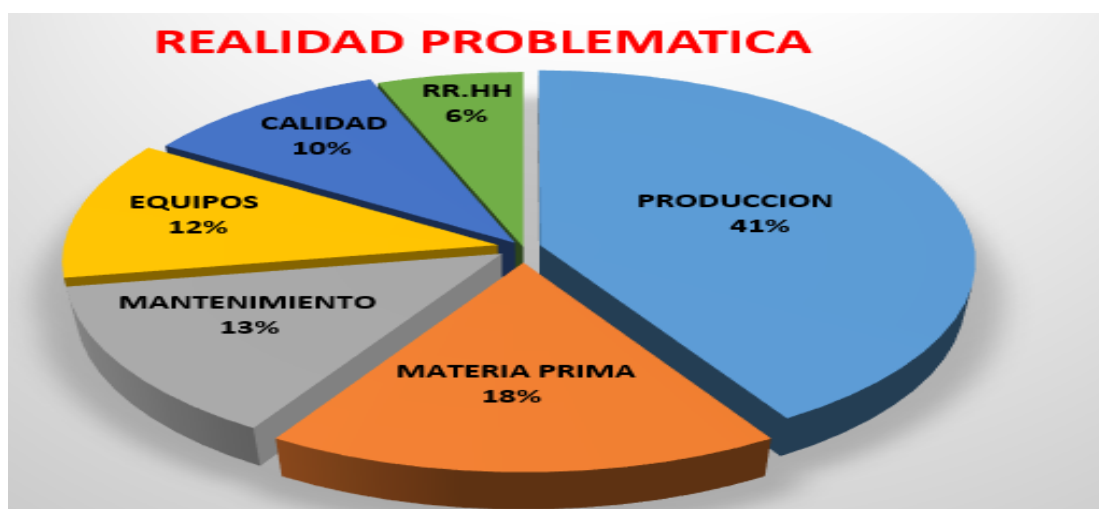
Figura 2. Reporte de incidencias según área.

AREAS	FRECUENCIAS	ACUMULADO
Produccion	49	41%
Materia prima	21	59%
Mantenimiento	16	72%
Equipos	14	84%
Calidad	12	94%
RR. HH.	7	100%
TOTAL	119	

Fuente: Datos empresa.

En la siguiente grafica circular nos demuestra la distribución de la problemática según las áreas.

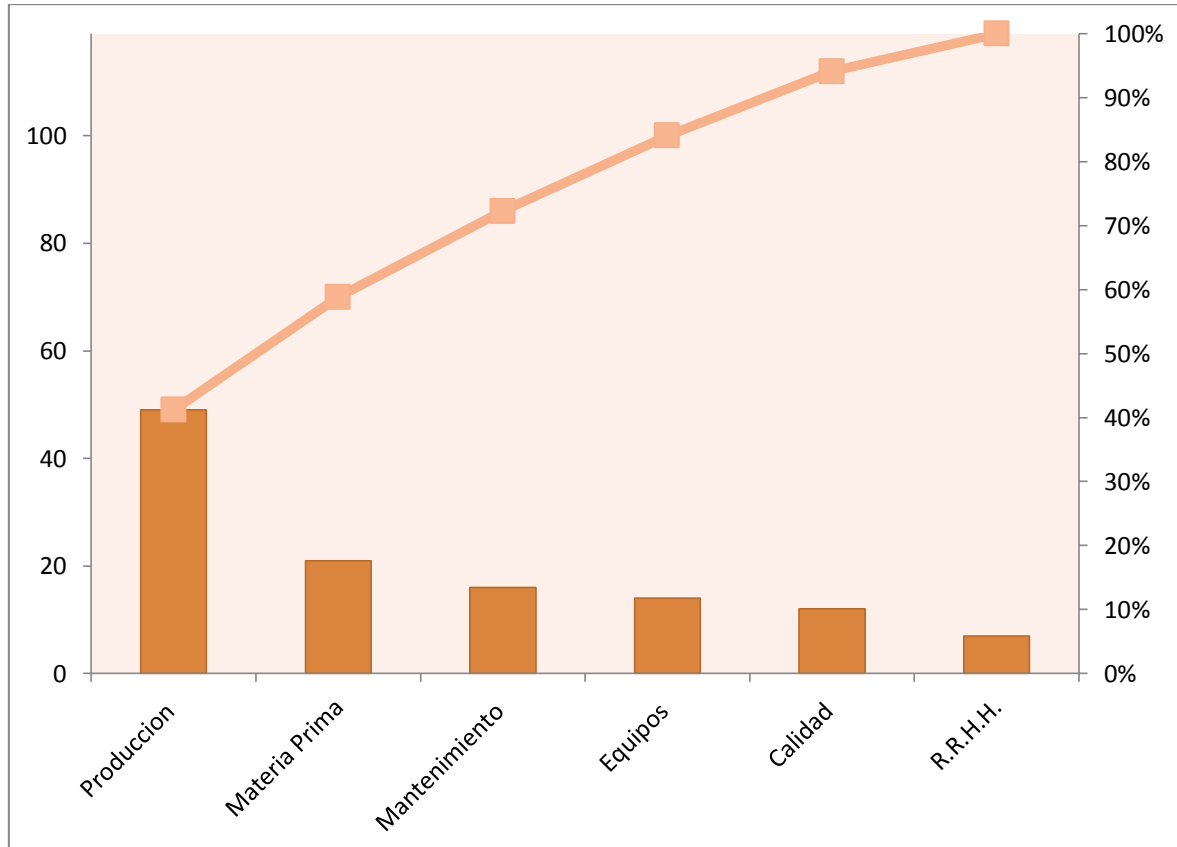
Figura 3. Grafica de distribución de incidencias.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la regla 80-20 de Pareto no demuestra que solo el 20% de los problemas ocasionan el 80% de los problemas de la planta. En el grafico no demuestra que es necesario identificar los principales del área de mantenimiento y producción, evaluar, analizar datos utilizando herramientas y proponer soluciones.

Figura 4. Grafica de distribución de incidencias.



Fuente: Elaboración propia.

## 1.2 Trabajos Previos

En la actualidad el proceso productivo de una organización consiste en la interrelación de las áreas que las conforman; por ello es necesario identificar la importancia de las diferentes áreas.

LEMA V., Gonzalo. Desarrollo e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento productivo total (TPM) en ICAPEB CIA. LTDA. Tesis (Ingeniero Industrial). Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, 2011. 226 pp.

Su objetivo principal fue mejorar la gestión actual del área de mantenimiento de la empresa, por ello fijaron objetivos específicos para dicha área. Asimismo se trabajó pero en coordinación con el área de producción, ya que el TPM debe tener una estrecha relación con el mantenimiento autónomo, por otro lado también se implementaron los diferentes estándares de lubricación para cada máquina específica del proceso.

Su diseño de investigación fue cuasi-experimental de tipo aplicada, de corte transversal con datos tomados de 4 meses antes y después de implementar el TPM. Con una población de 70 personas entre operarios, técnicos de mantenimiento, supervisores y jefes de producción, tomando una muestra de 10 personas para verificar los resultados, los diferentes hojas de registros, encuestas, diagramas causa efecto fueron los instrumentos para la recolección de dato.

Entre las conclusiones se destaca que al realizar el análisis correspondiente al EGE inicial y final de la maquina piloto, se tomó datos de 4 meses ante y después de la implantación del programa, obteniendo mejoras del 60% al 80%, en meses similares de volumen de producción.

Al estandarizar actividades de mantenimiento, es decir el tiempo, recursos y frecuencias necesarias para realizar dichas actividades, permitió tener un mantenimiento planificado, organizado, dirigido y controlado.

La implementación del TPM es significativo pues genera conceptos nuevos entre colaboradores de la organización en todos los niveles, con un costo de inversión inicial alto pero que se recupera al elevar los índices de disponibilidad de las maquinas.

BOTERO G., David. Plan de implementación del pilar mantenimiento planificado bajo Mantenimiento Productivo Total en una empresa productora del sector cerámico. Tesis (Ingeniero Industrial). Envigado, Colombia: Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2013. 101 pp.

El objetivo principal fue la elaboración de un sistema de gestión para implementar el mantenimiento planificado en el área almacén general de una empresa

productora del sector cerámico, para ello se basó en los diferentes indicadores de gestión de la empresa (disponibilidad, compras, demanda global)

Su diseño de investigación fue cuasi-experimental de tipo aplicada, la prueba piloto tuvo una duración de 6 meses comprendido entre enero y junio del año 2013.

Entre sus conclusiones Botero, indica que las empresas que aplicaron el TPM, en su mayoría son multinacionales y de gran capacidad de producción pues cuentan con diversas áreas que evalúan constantemente sus indicadores productivos, caso contrario sucede con las pequeñas empresas pues desconocen las diversas metodologías y herramientas de mejora continua.

Resalta que la implementación del mantenimiento planificado es eficaz si se aplica en paralelo con herramientas que compartan los mismos principios de mejora y estandarización, entre ellos menciona que ciclo Deming (planear, hacer, verificar y actuar), que es una herramienta de calidad que cuenta con un proceso de mejora continua y retroalimentación.

Es primordial recopilar datos y establecer indicadores de gestión para cada proceso en una planta debido a que se tendrá como resultado un punto de partida para aplicar filosofías como el TPM que son esenciales para el aumento de la productividad y rentabilidad de cualquier empresa industrial o de servicios cual sea su magnitud.

CASILIMAS M., Carlos y POVEDA Q., Roberth. Implementación del sistema de indicadores de productividad y mejoramiento OEE (Overall Effectiveness Equipment) en la línea tubería en Corpacero S.A. Tesis (Ingeniero Industrial). BOGOTÁ, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, FACULTAD Tecnológica Tecnología Industrial, 2012. 80 pp.

Su objetivo fue implementar el sistema de indicadores de productividad y mejoramiento de las OEE, con el fin de obtener las causas reales de las principales pérdidas en cada máquina involucrada en el proceso.

La metodología utilizada fue el de tipo aplicada experimental, con una población de 9 máquinas que conforman la línea de producción, la recopilación de datos se consideró las diversas paradas, averías y reportes de producción.

El estudio concluye que al implementar el programa mejoró significativamente en un 8.4% la OEE de la línea.

La importancia de mejorar los sistemas productivos trae consigo la optimización del proceso productivo, ello asegura la reducción de las fallas de máquina y por ende prolonga la vida útil de las mismas.

CONCHA G, U. Jimmy Y BARAHONA, D. Byron Iván. Mejoramiento de la productividad en la empresa Induacero cia. Ltda. en base al desarrollo e implementación de la metodología 5s y VSM, herramientas del lean manufacturing. Tesis de grado (Ingeniero Industrial). Riobamba, Ecuador: escuela superior politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Industrial, 2013 137 pp.

Su objetivo fue mejorar la productividad en base al desarrollo e implementación de la metodologías del lean manufacturing, ello permitió evaluar los resultados y determinar los beneficios obtenidos.

La metodología utilizada fue de tipo aplicada experimental, por ello se seleccionó el producto que cuenta con todos los procesos existentes de la planta (acero de carbono), en su muestro analizado se identificó que en cada 20,5 días de producción se pierden 3,2 días en cuellos de botella.

Se concluye que las actividades analizadas en el VSM inicial, un 67 % agrega valor al producto y el 33% no agrega valor, por ello se justifica la aplicación de la metodología 5S. La inversión para la implementación representó el 13% de las utilidades que percibe la empresa, el cual se justifica con la recuperación de \$ 46795.32 producto de la pérdida de dinero anual causada por los diferentes tipos de desperdicios.

Es importante la toma de tiempos cada proceso productivo, cual sea su tipo industrial o servicios, esto debido que las demoras generan pérdidas horas hombre, horas máquina, mermas.

TUAREZ, M., Cesar. Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación del TPM (mantenimiento productivo

total). Tesis (Magister en Gestión de la productividad y calidad). Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas Departamento de Matemáticas, 2013. 167 pp.

Su objetivo fue una implantación efectiva y gradual de un sistema de mejora continua bajo la filosofía del TPM en la planta elaboradora y comercializadora de bebidas gaseosas e incrementar la eficiencia de las líneas de embotellado mediante la reducción de los tiempos improductivos o muertos.

Estudio de tipo aplicada experimental, pues se implementó el TPM en la línea 5 de envasado, luego de analizar los datos en una matriz de decisiones.

Se concluye que la implementación inicialmente presenta una resistencia al cambio por el personal, debido a ello se programó capacitación y entrenamiento en todos los niveles de la organización. Luego de la aplicación de la filosofía el indicador eficiencia global de los equipos en el área de llenadoras de botellas aumento a 74,84% frente a 66,67% antes de la mejora.

La importancia de la aplicación de los pilares del TPM dependerá en gran medida de la magnitud de la organización y la importancia del proceso. Es de considerar que en las multinacionales se puede aplicar el TPM en toda la organización (proceso largo) o en algunas máquinas específicas.

Por otro lado, según el director ejecutivo IEDEP<sup>2</sup> de la CCL<sup>3</sup>, el economista Peñaranda, Cesar manifiesta lo siguiente: “En los últimos cuatro años la productividad del Perú ha caído. Empezó cayendo ligeramente el 2011 y el año pasado la productividad cayó más. Entonces, ¿qué está fallando?” (Diario Gestión, 2015), tomando esta opinión como base para nuestra investigación, notaremos que la productividad es la base fundamental para el desarrollo del país y mejora de la calidad de vida de sus habitantes, por ello es de vital importancia adecuarse a las nuevas metodologías de los procesos productivos.

---

<sup>2</sup> IEDEP: Instituto Evolutivo de Estadística Poblacional

<sup>3</sup> CCL: Cámara de Comercio de Lima, ente representante del comercio



CALDERÓN C., Patricia del Pilar y ESPICHAN Z., Diana. Rediseño de Procesos para la Mejora del Control, Optimización de la Productividad y Reducción de los Costos en el Área de Mantenimiento de la Empresa de Gases Industriales Aga S.A. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2012. 145 pp.

El objetivo de su investigación fue optimizar la productividad reduciendo los costos operativos, para ello evaluó y rediseño las actividades del proceso del área de mantenimiento de envases de la empresa.

En análisis del marco metodológico fue de tipo aplicada experimental, de nivel correlacional (causa - efecto). Con una población de 6000 unidades de botellas tomando una muestra de 37 unidades en donde se analizaron sus hojas de registros y procedimientos para mejorar sus indicadores.

La investigación concluye que se optimizo la productividad de la empresa debido al cambio de políticas de ingreso de envases pues ello disminuyo en un 14% el ciclo total del proceso, para ello se automatizo del proceso de enmicado que se redujo 43% los tiempos de dicha actividad. Asimismo el reemplazó la máquina de secado razón por la cual el proceso se redujo en 61% ampliando la capacidad de la planta en un 226%.

Es relevante conocer en qué medida una reestructuración organizacional promueve una mejor comunicación, aplicando una redistribución de planta ya que optimizan los procesos reduciendo los costos de producción.

ARANA R., Luis. Mejora de Productividad en el Área de Producción de carteras en una empresa de accesorios de vestir y artículos de viaje. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú: Universidad San Martin de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, 2014. 251 pp.

Arana planteo obtener la satisfacción del cliente, disminuyendo el nivel de producto no conforme, implementando la mejora continua en el proceso a través del ciclo Deming (PVHA)<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> PVHA: siglas del círculo Deming, que significa planear, verificar, hacer y actuar.

La metodología empleada fue de tipo aplicada experimental, tomando los datos de unidades vendidas del 2009. El estudio de tiempos realizado en cada proceso permitió utilizar herramientas de mejora del proceso.

Arana concluye que la aplicación del proyecto de mejora implicó una serie de inversiones en tecnología, aplicación de metodologías y adquisición de maquinarias para mejorar el proceso, ello se justificó en términos económicos a través de los ahorros obtenidos, reflejando en el incremento de la productividad y efectividad.

Con la adquisición de la maquinaria se disminuyó el tiempo de fabricación del producto patrón de 110.05 min a 92.08 min, mejorando en un 16%, asimismo el índice productividad total aumento en 1.01% con respecto al valor de productividad inicial.

El estudio presentado por Arana es relevante ya que toma como referencia los datos de producción y demanda insatisfecha de periodos anuales anteriores a la implementación, toma vital importancia en el estudio de tiempos en cada proceso y propone mejoras del proceso, alcanzando una efectividad del 80% posterior a las mejoras establecidas.

TALLA C., Elisa. Ahorro de Energía Eléctrica en una Industria Cervecera como Estrategia de Excelencia Operativa. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, E.A.P. de Ingeniería Industrial, 2015. 101 pp.

Su objetivo principal fue reducir el consumo de energía eléctrica en planta, analizando las características de los procesos y operaciones del sistema, ello le permitió optimizar los consumos de planta, implementando un procedimiento de ejecución de proyectos de ahorro de energía

La presente investigación es de tipo experimental, porque ha sido aplicada en el sistema de refrigeración en una industria cervecera. La población de estudio fue una planta cervecera de la multinacional Bavaria, en ella utilizó herramientas de Benchmarking con relación a las plantas de igual capacidad de producción instaladas en sus operaciones en Perú.

Entre sus conclusiones destaca que la energía eléctrica es uno de los recursos primordiales para el funcionamiento de una industria cervecera, el uso óptimo de este recurso significa mejoras muy provechosas para la empresa. En esta tesis se hizo uso del análisis de Pareto realizado previa estratificación de áreas, con el cual se pudo determinar los procesos de mayor consumo de energía obteniéndose como resultado que el área que mayor consumo de energía tiene respecto a toda la planta es Planta de Fuerza, la cual representa el 50% del consumo total de Energía Eléctrica siendo el sistema de Refrigeración su principal responsable con un 22% de participación.

Se logró la identificación de una oportunidad de mejora para reducir consumo de energía, la cual fue implementada en el sistema de refrigeración para el ahorro de energía, logrando una evolución satisfactoria del indicador, ya que cuando se inició el proyecto en abril existía un índice calculado de 8.4H KW-h/HI y al finalizarlo los valores se encontraban en un promedio de 7.95 KW/HI

Es primordial considerar que la energía es fundamental para el desarrollo de una nación, y si reflexionamos sobre el concepto de eficiencia energética comprenderemos la importancia del uso racional energético ya sea de fuentes primarias o secundarias. El buen uso de ella en las industrias significa un ahorro significativo pues es uno de los factores de la productividad.

ALVAREZ, R., Carla y DE LA JARA G., Paula. Análisis y mejora de procesos en una empresa embotelladora de bebidas rehidratantes. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2012. 106 pp.

Su objetivo fue obtener la satisfacción de los clientes a través de la calidad en el servicio y el cumplimiento de los calendarios y horarios establecidos al inicio de cada ciclo, elevando los niveles de eficiencia y calidad.

En el análisis del marco metodológico fue de tipo aplicada experimental de nivel causa efecto, en donde se consideraron las presentaciones de bebidas rehidratantes de 500 ml y 750 ml con una nuestra de 60 y 50 respectivamente.

Los autores concluyen indicando que la mejora continua tiene por objetivo optimizar los procesos mediante un mejor aprovechamiento de los factores productivos aumentando la disponibilidad de las maquinas (aumento de la productividad y la eficiencia global de la planta), se calcula que el beneficio por la aplicación de las mejoras asciende a S/. 1'636,226.00 anuales.

El estudio es relevante debido que la aplicación de las mejoras tiene un impacto positivo en la cadena productiva, ya que influyen en la reducción de costos, disponibilidad, eficiencia de la planta, mejora de indicadores.

YAURI, Q., Luis. Análisis y mejora de procesos en una empresa manufacturera de calzado. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2015. 88 pp.

El objetivo de la investigación fue incrementar la productividad de la fabricación de calzado en esta empresa mediante el uso de las herramientas de mejora.

La metodología utilizada en la presente investigación fue de tipo aplicada experimental, pues se tomaron los 32 muestra piloto de tiempos en los seis procesos existentes en la producción de calzados.

Se concluye que antes de la mejora el flujo del proceso no estaba bien diseñado, debido a ello se producían demoras en el producto final y por ende la insatisfacción del cliente final, la aplicación de la mejoras contribuye a la normalización del proceso mejorando de la productividad y competitividad.

La globalización de los mercados genera el crecimiento de la demanda y la oferta de los productos, ello motiva a que las empresas estén en una cambio constante con la consiga de optimizar los recursos para su adecuada utilización y para mantenerse vigente en el mercado.

### **1.3 Teorías Relacionadas Al Tema**

#### **1.3.1 Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Desde su concepción hasta su consolidación como método práctico y eficaz, el TPM ha sido investigado por diversos autores, de los cuales tomaremos como referencia sus teorías. Por ello Cuatrecasas y Torrell (2010) definen:

“El Mantenimiento Productivo Total es una nueva filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son: Participación de todo el personal de la planta, Eficacia Total, Sistema Total de Mantenimiento de equipos desde su diseño hasta su corrección, y la prevención”<sup>5</sup>

En esta cita textual el autor, resume los cinco objetivos principales definidos por Ichizoh Takagi, miembro del JIPM<sup>6</sup>. En ella nos indica que el éxito de la organización depende del grado de participación del personal de planta ya que ello influye en una producción eficaz y eficiente, ya que en una adecuada gestión se reduce considerablemente las pérdidas por fallas de máquinas.

Se puede definir el TPM como: “un enfoque administrativo gerencial de soporte al mantenimiento predictivo, con información de la producción, que se enfoca en la eliminación de las pérdidas asociadas con fallos (paradas), calidad y costos de los procesos industriales, para tener equipos de producción siempre listos” (Pinto, 2010).

Esta definición denota que las áreas de la organización bajo un método TPM, están debidamente relacionadas desde la alta gerencia, mantenimiento y producción; ella suma esfuerzos para tener maquinarias disponibles para producir.

Otra definición Rey (2001), señala:

---

<sup>5</sup> CUATRECASAS, L. y TORRELL, F. TPM en un entorno Lean Management. Barcelona: Profit Editorial, 2010. ISBN 9788492956128. p. 33

<sup>6</sup> JIPM, (Japanese Institute of Plant Maintenance), ente encargado de facilitar o promocionar la buena gestión en torno a la producción segura y eficiente.

“Es el conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organizaciones que conforman un proceso básico o línea de producción, pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua” <sup>7</sup>

Los procesos productivos son considerados mayormente como sistemas de retroalimentación, que nos indica que todos los factores que intervienen en ella interactúan entre ellas además es medible, y ello nos indica el estado de referencia y las proyecciones futuras si se tiene una adecuada gestión de la mejora continua.

El TPM implica la debida coordinación entre los departamentos de planificación y diseño con el objetivo de alcanzar la máxima eficacia del equipo y promueve un entorno de trabajo donde las áreas de producción y mantenimiento sumen esfuerzos para asegurar el ciclo de vida del equipo.

Así mismo señala que, la eficacia de los equipos se maximiza por medio del esfuerzo realizado en el conjunto de la empresa para eliminar las “seis grandes pérdidas” que restan eficacia a los equipos.

El éxito del TPM, depende de la participación del personal comprometido en un proceso productivo incluyendo los altos directivos. Su finalidad será eliminar las seis grandes pérdidas y aumentar la eficacia del equipo.

En los últimos años el método TPM ha sido adoptado por diferentes organizaciones, por ello:

El mantenimiento productivo total, actualmente está cobrando cada vez más importancia en nuestro país, ello se a la gran eficacia como herramienta para alcanzar una mayor disponibilidad y fiabilidad de las instalaciones, haciendo hincapié en la gestión y el aprovechamiento racional e implicación de todo el

---

<sup>7</sup> REY, F. Mantenimiento Total de la Producción (TPM): Proceso de implantación y desarrollo. Madrid: Fundación Confemetal, 2001. ISBN 84-95428-49-0. p.59

personal. Asimismo la automatización de procesos es múltiple, convirtiéndola en el complemento perfecto.<sup>8</sup>

Su aplicación se dio inicialmente en Japón abarcando luego por los países desarrollados tales como Estados Unidos y países de la zona euro, en nuestro país inicialmente implantado por multinacionales. El TPM es un método que se aplica para pequeñas, medianas y grandes organizaciones, el tiempo para consolidarlo depende del tamaño de la organización.

El concepto del TPM, en nuestro país aún no es muy difundido en las empresas de nuestro país, es por ello que tomamos como referencia estas definiciones, pero para el efecto de nuestra investigación profundizaremos la teoría de Cuatrecasas y Torrell.

#### **1.3.1.1 Evolución al TPM**

El mantenimiento es la actividad que consiste en tener los equipos disponibles para su trabajo en un tiempo determinado, en la actualidad existen varios tipos los cuales persiguen el mismo objetivo final: disponibilidad y eficiencia de los equipos. Se caracteriza por un conjunto de tareas debidamente organizadas con finalidad de reducción de fallas y la prolongación de la vida útil del equipo con las mismas características de su diseño inicial.

Por ello Morrow (2000), define el mantenimiento como “El conjunto de tareas que persiguen disminuir el número de fallas en los equipos y asegura que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas” (p.410).

Cuatrecasas y Torrell (2013) señalan que el mantenimiento preventivo (PM) tuvo sus orígenes en EE.UU, y que a inicios de los años cincuenta fue introducida a Japon gracias a Toanenryo Kogyo, cuya finalidad era buscar rentabilidad económica, en base a la máxima producción y por ello, se establecieron las funciones mantenimiento orientadas a detectar y/o prevenir los posibles fallos de los equipos antes de que sucedieran. En aquella época había quedado totalmente demostrada la relación entre la eficacia económica y el mantenimiento.

---

<sup>8</sup> Calvo y Lago. 2004.

A mediados de los años cincuenta, la empresa norteamericana General Electric introduce el término Mantenimiento Productivo (igualmente identificado como PM), ello se trataba de un paso adelante respecto al mantenimiento preventivo, donde se incluye un plan de mantenimiento periódico que asegure la vida útil del equipo sin descuidar la Fiabilidad (F) y la Mantenibilidad (M) .

El Mantenimiento Productivo Total comienza a implantarse en los años setenta en el Japón siendo un programa de gestión del mantenimiento efectivo que engloba e integra a los anteriores diferenciadas por la incorporación de conceptos innovadores <sup>9</sup>

Figura 5. Evolución del TPM.



Fuente: Cuatrecasas y Torrell (2010).

En esta figura nos resume la evolución del TPM, que comenzó a aplicarse el mantenimiento correctivo antes de los años cincuenta, el mantenimiento preventivo en los años cincuenta, el mantenimiento productivo que impulsó las bases para la mejora continua (Kaizen)<sup>10</sup>, la cual se dio en los años sesenta antecedieron al TPM.

El TPM adopta también conceptos como son el mantenimiento basado en el tiempo (TBM en sus siglas en inglés), que consiste en planificar actividades cada cierto tiempo o forma periódica; el Mantenimiento Basado en Condiciones (CBM sus siglas en inglés), la cual consiste en un mantenimiento que se basa en las condiciones del equipo.

---

<sup>9</sup> CUATRECASAS, L. y TORRELL, F. TPM en un entorno Lean Managment. Barcelona: Profit Editorial, 2010. ISBN 9788492956128

<sup>10</sup> Kaizen, término japonés que significa Mejora Continua.



### **1.3.1.2 TPM Conceptos y características**

Según Cuatrecasas y Torrell (2010),

El término TPM se difunde en 1971 por el Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas (JIP), surgiendo inicialmente en la industria del automóvil donde se notó un avance considerable y mejora de productividad convirtiéndose en el negocio más rentable de la época. El éxito de la filosofía se expandió por el mundo, llegando en los años 80 a América y Europa. En la actualidad el TPM es aplicable en las empresas de toda envergadura desde los micros hasta las multinacionales debido a las mejoras que se consiguen en la rentabilidad, eficiencia de gestión y calidad.<sup>11</sup>

La aplicación de la filosofía del Mantenimiento Productivo Total, involucra la participación integral del recurso humano existente e involucrado en la organización, la Alta Gerencia será la que sea el principal promotor para su aplicación e incentivar a las áreas existentes, organizadas en pequeños grupos o equipos.

El TPM está orientado a mantener en condiciones óptimas de servicio (disponibilidad) los equipos del proceso durante el mayor tiempo posible y por lo tanto tienen como objetivo principal la reducción de las paradas improductivas, aumento de productividad del personal, equipos y de planta preservando el medio ambiente.

Cuatrecasas y Torrell (2010) añaden que el TPM es una filosofía de trabajo que se genera en torno al mantenimiento, donde se promueve la participación del personal de todas las áreas de la organización. Considera que es de vital importancia la cooperación directa entre el área de producción y mantenimiento donde aplicado un adecuado sistema total de gestión de mantenimiento busca alcanzar la eficacia total del equipo, que se refleja en alcanzar su máximo rendimiento que genera rentabilidad.

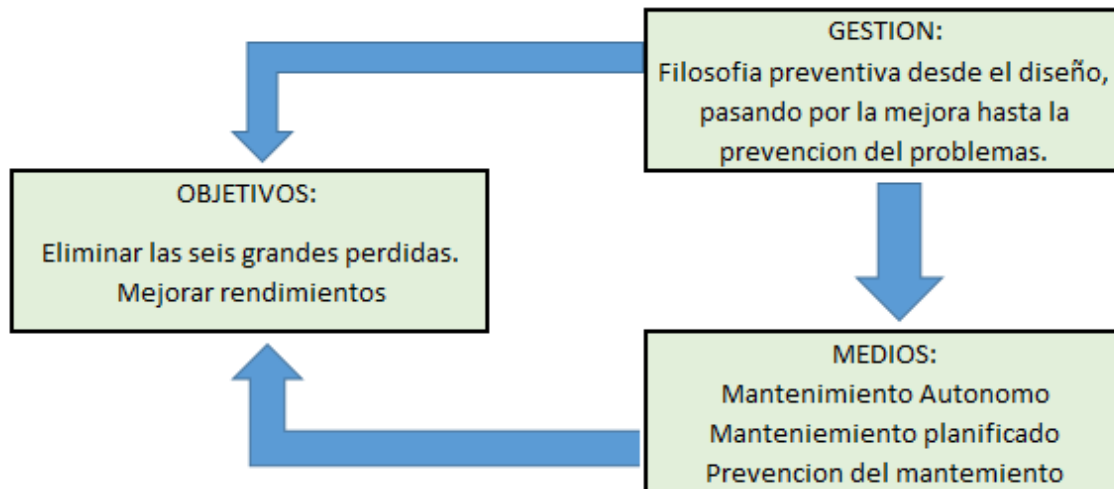
Al obtener cero averías y cero problemas de seguridad se optimiza el sistema productivo, asegurando la buena calidad del producto, la reducción de los costos

---

<sup>11</sup> CUATRECASAS, L. y TORRELL, F. TPM en un entorno Lean Managment. Barcelona: Profit Editorial, 2010. ISBN 9788492956128

de producción, el cumplimiento de los tiempos de entrega, y reduce considerablemente el reproceso, el ahorro en materiales, energía, etcétera.

Figura 6. Relación entre los tres conceptos



Fuente: (Cuatrecasas y Torrell, 2010).

En resumen la filosofía TPM, surgió como producto de la necesidad de obtener mayor productividad (en Japón para reconstruirse después de la segunda guerra mundial). Las empresas que inicialmente implantaron fueron las del rubro de automoción que rápidamente obtuvieron mejoras significativas, debido a las mejoras de rentabilidad y eficiencia. El objetivo principal es eliminar las seis grandes pérdidas y mejorar los rendimientos, por medio de un adecuado plan de mantenimiento planificado en estrecha relación con el mantenimiento autónomo, y prevenir las posibles anomalías futuras en el diseño de los equipos, todos ellos interrelacionados con la mejora continua.

Este concepto fue adoptado tiempo después por las empresas americanas, a ello se sumaron las empresas europeas.

En el contexto latinoamericano las grandes multinacionales fueron las primeras en adoptarlo, es importante señalar que el TPM es aplicable para pequeñas, medianas y grandes organizaciones, para áreas específicas, etc.

### **1.3.1.3 Implantación de un programa TPM**

La aplicación del TPM en un proceso, tiene con objetivo fundamental la obtención del rendimiento máximo o máxima eficiencia global, eliminando los tiempos muertos o vacíos, perdidas de velocidad nominal (capacidad de producción), y trata de minimizar los defectos del proceso. Ello buscara eliminar las seis grandes pérdidas.

#### **Etapas de la implantación de un programa TPM**

Para la aplicación del TPM, se cumplirá las cuatro fases (preparación, introducción, implantación y estabilización) diferenciados una de otras y distribuidas en 12 pasos establecidos cada una con objetivos propios cuyo fin es promover la mejora continua aplicada en la gestión del mantenimiento.

#### **1. Fase de preparación**

Primera fase que es fundamental ya que en ella se establece los cimientos para la aplicación del TPM, una adecuada planificación permitirá alcanzar el objetivo en el tiempo establecido con la mínima modificación del documento inicial.

#### **Etapas de la fase de preparación**

La gerencia es el principal interesado en la aplicación del TPM en la empresa o cualquier proceso, para ello se debe informar a todas las áreas involucradas en la organización, asimismo debe informar en el ámbito externo (proveedores, clientes, terceros, etcétera). Ello implica estar convencido de la necesidad y utilidad de la aplicación de la filosofía TPM, previo a ello se tiene datos fiables del proceso (fallas de máquina, disposición de planta, frecuencia de paradas, etc.).

#### **Etapas de la fase de preparación**

Esta etapa implica una política de difusión sobre el concepto del TPM a todas las áreas pertinentes, ello se conseguirá mediante la difusión de boletines, trípticos, afiches, etc. Sobre la decisión de implantar el TPM en la organización, donde se explique sus beneficios, objetivos, etc. La asignación de recursos para esta etapa varía de acuerdo a la magnitud de la organización en el mercado.

### Etapa 3: Estructura promocional del TPM

Dependiendo del tamaño de la organización se determinara los responsables de la promoción y ejecución del TPM, como ejemplo podemos mencionar que el gerente seria el promotor principal de la compañía, el jefe de planta seria el responsable en la planta, los jefes de área se encargaran de la sección. Se formara líderes en cada línea de producción, si es necesario.

### Etapa 4: Establecer políticas básicas TPM y fijar objetivos

La política estratégica de la organización, tales como la visión, misión, políticas de calidad, seguridad y medio ambiente serán puntos de referencia para la elaboración de los objetivos de la aplicación del TPM. Para ello implica tener la data (cuantitativa) real de las principales actividades y principalmente de las líneas que tiene mayor deficiencia.

Estos objetivos deben centrarse en forma cuantitativa, deben ser ambiciosos pero alcanzables dentro de la capacidad de la organización.

### Etapa 5: Desarrollo de un plan maestro TPM

Esta etapa implica la planificación de actividades principales para la aplicación del TPM, se tendrá mayor énfasis en actividades cuyo objetivo principal es buscar eliminar las seis grandes pérdidas. Es recomendable utilizar herramientas de ingeniería, uno de ellos el diagrama de Gantt de Ms. Project. En ella se planificara las principales actividades a implantar, las fechas, pasos, se designan responsables. Una de estas actividades primordiales serán la implantación del el programa de mantenimiento planificado, el mantenimiento del mantenimiento autónomo.

## 2. Fase de introducción

### Etapa 6: Arranque del TPM

Esta etapa se caracteriza por el inicio formal de la puesta en práctica de la fase preparación para la aplicación del TPM, es recomendable que el gerente se encargue del lanzamiento oficial del programa por parte de la alta dirección, en

donde asistan todos los colaboradores, personal externo, empresas comprometidas, proveedores, etcétera.

### 3. Fase de implantación

Según Cuatrecasas y Torrell (2010), “En la fase de implantación se desarrolla las actividades planificadas, se asigna a los responsables y se acuerdan las fechas de implantación de las mismas” <sup>12</sup>

Se debe cumplir a cabalidad con los tiempos establecidos de las actividades planificadas, los responsables deberán reportar periódicamente al gestor principal del programa.

#### Etapa 7: Mejorar la efectividad del equipo

En esta etapa se forman grupos de trabajo en donde participan los principales involucrados (operarios, líder de línea, personal de mantenimiento) en el proceso, área o máquina que presenta mayores deficiencias, y se plantea herramientas cuyo objetivo será reducir las seis grandes pérdidas, es recomendable tener una data mayor 3 meses.

La decisión de implantar el TPM fue porque se denoto que el proceso o equipo era ineficiente, ello no es obstáculo para poder determinar otras falencias en la organización y establecer metas.

#### Etapa 8: Establecer un programa de Mantenimiento Autónomo

Con el TPM se busca minimizar las paradas de máquina, optimizar la eficiencia del equipo y el principal responsable será el operador; puesto que conoce a profundidad la máquina. Se debe trabajar en estrecha relación con el personal de mantenimiento. Para establecer el mantenimiento autónomo en una planta Cuatrecasas y Torrell definen siete niveles.

#### Etapa 9: Establecimiento de un programa de mantenimiento planificado

---

<sup>12</sup> CUATRECASAS, L. y TORRELL, F. TPM en un entorno Lean Managment. Barcelona: Profit Editorial, 2010. ISBN 9788492956128. p. 52

Asimismo los autores de nuestra teoría base definen que la implementación del mantenimiento planificado cuenta con seis etapas. El área de mantenimiento será el responsable de ejecutar las tareas planificadas, es recomendable establecer indicadores de desempeño y disponibilidad de máquina. Dependiendo de la dimensión de la planta se recomienda asignar a personal de mantenimiento específico para cada máquina.

**Etapas 10: Formación para elevar las capacidades de operación y mantenimiento**

La organización promoverá la capacitación continua, ello asegura la adecuada formación del personal comprometido en el proceso. Se debe dar en reuniones, conferencias, capacitaciones externas e internas. Los proveedores también formaran parte de este equipo que brindara información de sus productos.

**Etapas 11: Creación de un programa de gestión temprana de equipos**

Ello será resultado de la comunicación que se tiene con el área de ingeniería (proyectos) y el área productiva; en donde se evaluara cada aspecto negativo y positivo para la adquisición de maquinaria y/o mejora del proceso.

#### **4. Fase de consolidación**

**Etapas 12: Consolidación del TPM y elevación de los objetivos.**

Consiste en la difusión de los logros cuantitativos obtenidos en cada una de las etapas anteriores y fijación de nuevos objetivos, así como la elaboración de las auditorías internas.

Figura 7. Etapas del TPM.

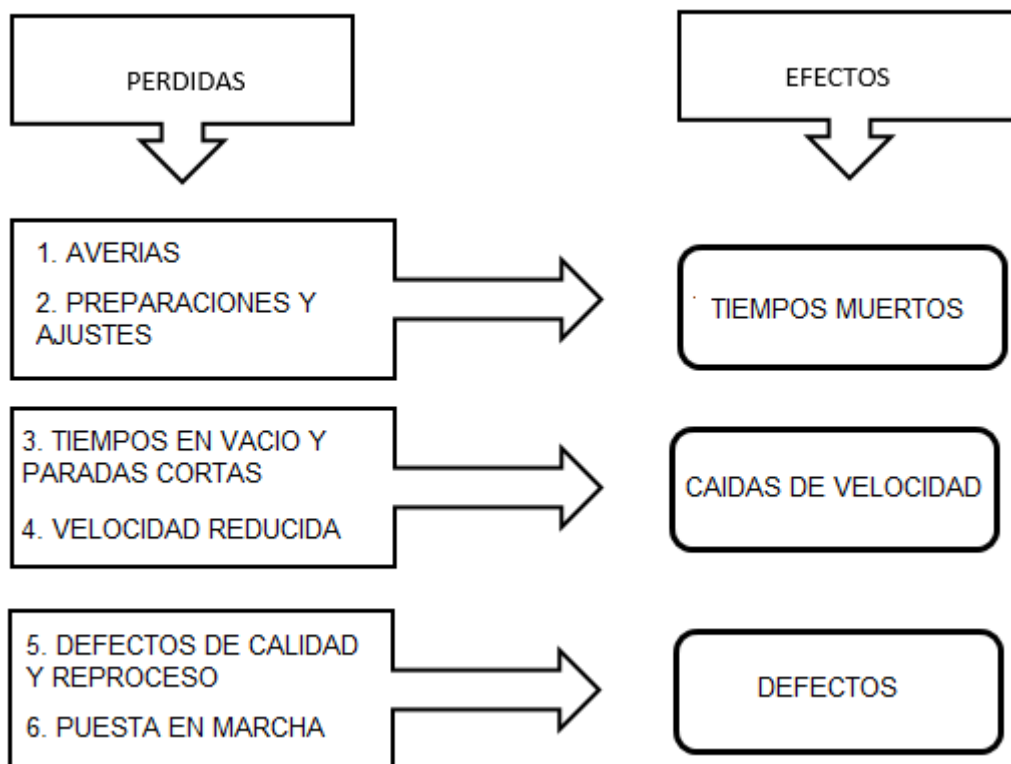
FASE	ETAPA	ASPECTO DE GESTION
1.- Preparación	1.- Decisión de aplicar el TPM en la empresa	La alta dirección hace público su decisión de tener a cabo un programa TPM a través de reuniones internas, etc.
	2.- Información sobre el TPM	Campañas informativas a todas las áreas para la introducción del TPM
	3.- Estructura promocional del TPM	Formar comités especiales en cada área para promover el TPM. Crear una oficina de promoción del TPM
	4.- Objetivos y Políticas básicas del TPM	Analizar las condiciones existentes, establecer objetivos y prever resultados
	5.- Plan maestro de desarrollo del TPM	Preparar planes centrados con la actividad a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevén para ello
2.- Introducción	6.- Arranque formal del TPM	Conviene llevarlo a cabo invitando a clientes, proveedores y empresas o entidades relacionadas.
3.- Implantación	7.- Mejorar la efectividad del equipo	Seleccionar un(os) equipo(s) con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar
	8.- Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo	Implicar en el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada
	9.- Desarrollar un programa de mantenimiento planificado	Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo y el predictivo
	10.- Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento	Entrenar a los líderes de cada grupo que después enseñaran a los miembros del grupo correspondiente
	11.- Gestión temprana de equipos	Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad y manejabilidad
4.- Consolidación	12.- Consolidación del TPM y evaluación de metas	Mantener y mejorar resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua que puede tocarse en la implicación del ciclo PDCA

Fuente: Cuatrecasas y Torrell, 2010.

#### 1.3.1.4 Las Seis Grandes Pérdidas de los equipos

Para Cuatrecasas y Torrell (2010), “El objetivo de un sistema productivo eficiente desde el punto de vista de los equipos, es el de conseguir que estos operen de la forma más eficaz durante el mayor tiempo posible. Para ello es necesario, descubrir, clasificar y eliminar los principales factores que merman las condiciones operativas ideales de los equipos, lo que es un objetivo fundamental del TPM”<sup>13</sup>

Fig. 8 Agrupación de las pérdidas



Fuente: Cuatrecasas y Torrell (2010)

Las seis grandes pérdidas a eliminar son las siguientes:

1. Averías.- centrado en el mantenimiento autónomo con finalidad de actuar para evitarlos y prevenir su ocurrencia, evaluar la magnitud del problema corregir si fuera el caso, de lo contrario informar al personal de mantenimiento.
2. Tiempos de reparación y ajuste de los equipos.- los cuales deben ser reducidos, ya que en muchas plantas se tienen diferentes órdenes de producción,

<sup>13</sup> CUATRECASAS, L. y TORRELL, F. TPM en un entorno Lean Managment. Barcelona: Profit Editorial, 2010. ISBN 9788492956128



las cuales implica cambio de formatos. Los cambios de formato implican variación en cuanto a insumos de materia prima, cambio de piezas, variación de agentes físicos, etc.

3. Tiempo en vacío y paradas cortas.- el operador con una adecuada capacitación tendrá como objetivo principal reducir el tiempo muerto, con una comunicación permanente con las demás áreas del proceso para solucionar cuellos de botella. En el caso de máquinas automatizadas estar concentrados en el panel del operador, ya que es muy frecuente las paradas porque no se cuenta con personal en campo, cualquier variación en la pantalla implica una anomalía del proceso.

4. Funcionamiento a velocidad reducida.- originada por varias causas que pueden ser problemas de diseño de máquina, planta, cuellos de botella en el proceso, personal no calificado. Se recomienda definir el origen del problema, coordinar con el área de mantenimiento y la alta gerencia para dar solución.

5. Defectos de Calidad y repetición de trabajos.- el operador es el responsable directo de esta operación, será quien identifique y analice el proceso, en coordinación con el área de control de calidad. La Gestión de la Calidad es un sistema que ha cobrado mucha importancia, pues ello garantiza la conformidad del producto y la satisfacción del cliente final.

6. Puestas en marcha.- originadas al arranque del equipo, depende directamente del operador minimizar las mermas producidas al arranque. Tener especial consideración después de un mantenimiento prolongado de la planta.

Existen diversas herramientas de calidad y sistemas cuyo objetivo es la identificación del problema y por ende la reducción considerable de las seis grandes pérdidas, tal es el caso del diagrama de pescado o Ishikawa y el AMFE, que significa Análisis Modal de Fallos y Efectos.

AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos

Es una metodología que permite analizar la calidad, seguridad y/o fiabilidad del funcionamiento de un sistema, tratando de identificar los fallos potenciales que

presenta su diseño, y, por tanto tratando de prevenir problemas futuros de calidad.

El AMFE tiene como objetivos:

Análisis de fallos, las cuales afectan el proceso productivo o de un sistema midiendo las consecuencias de estos sobre los mismos.

Identificación del modo de fallo, priorizando sobre los efectos en el producto o sistema de estudio, teniendo en cuenta tendremos diferentes criterios.

Detección, donde se determina los sistemas de detección para los distintos modos de fallo y aseguramiento de los mismos a través de las revisiones periódica y por último la satisfacción del cliente interno y externo, pues con esta herramienta se mejora la calidad del producto final.<sup>14</sup>

#### **1.3.1.5 Beneficios del TPM**

La filosofía TPM, está estrechamente ligada al área de mantenimiento, pero de alcance organizacional, su aplicación beneficia en gran medida a la planta y/o equipo. Estos beneficios se reflejan en tres indicadores: disponibilidad, rendimiento y calidad.

#### **1.3.1.6 Eficiencia Global de los Equipos**

Según Cuatrecasas y Torrell (2010) sostienen que:

El TPM permite mejorar la eficacia con la operan los equipos e instalaciones productivas, y como resultado de ello se puede aumentar considerablemente la eficiencia del sistema productivo. También denominada "Eficiencia Global de Equipos", "Rendimiento Operacional" o en nomenclatura anglosajona, OEE (Overall Equipment Effectiveness).<sup>15</sup>

Se señala la importancia de la identificación de las diferentes de causas de fallos sean estos, crónicos o leves, de frecuencias esporádicas o constantes,

---

<sup>14</sup> CUATRECASAS, L. Gestión integral de la calidad. Barcelona: Profit Editorial, 2010. ISBN 978-84-96998-52-0 .p

<sup>15</sup> CUATRECASAS, L. y TORRELL, F. TPM en un entorno Lean Managment. Barcelona: Profit Editorial, 2010. ISBN 9788492956128

causas únicas, múltiples o interrelacionadas para proponer mejorar y así reducir las seis grandes pérdidas.

El coeficiente de disponibilidad hace referencia al tiempo requerido de trabajo frente al que realmente es operativo, el coeficiente de calidad nos referencia sobre el cumplimiento de los atributos del producto, y por último el coeficiente de efectividad nos referencia si la capacidad de producción de la máquina cumple con la capacidad para la cual fue diseñada.

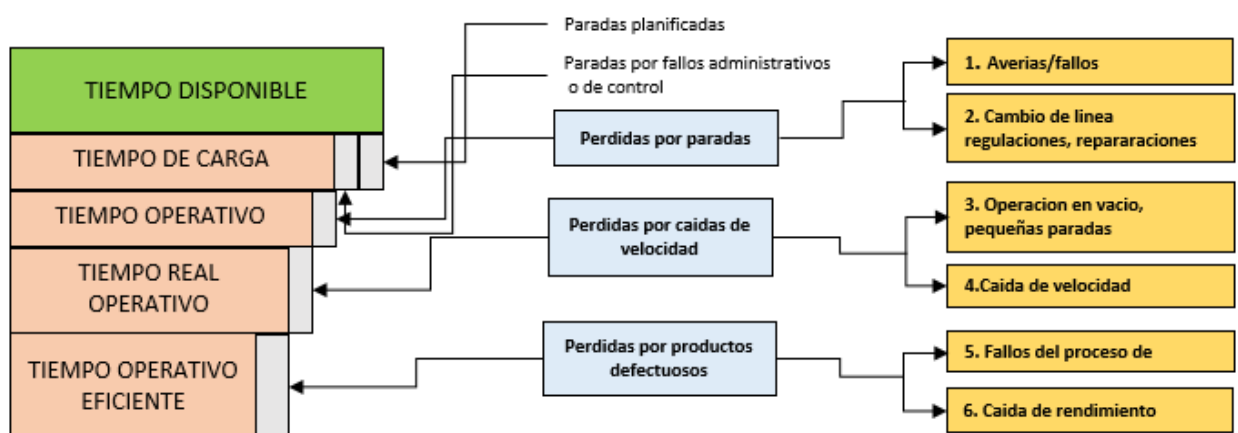
Estos coeficientes están directamente ligados a la reducción de las Seis Grandes Pérdidas.

Figura 9. Relación de coeficientes de eficiencia y las seis grandes pérdidas.

COEFICIENTE DE EFICIENCIA	TIPOS DE PERDIDAS
DISPONIBILIDAD (D)	1 AVERIAS 2 PREPARACION Y AJUSTES
EFFECTIVIDAD O RENDIMIENTO (n)	3 PARADAS Y TIEMPOS DE VACIO 4 REDUCCIONES DE VELOCIDAD
CALIDAD (C)	5 PRODUCTOS DEFECTUOSOS Y REPROCESOS 6 PUESTA EN MARCHA

Fuente: Cuatrecasas y Torrell (2010)

Figura 10. Tiempos operativos de acuerdo con las pérdidas asociadas a los equipos.



Fuente: Cuatrecasas y Torrell (2010).

### **1.3.1.7 Tipos de Mantenimiento**

#### **a) Mantenimiento Autónomo**

La esencia del mantenimiento autónomo tiene dos objetivos básicos, uno es el mantenimiento de las tareas básicas que consisten en la lubricación y aprietes, y por otro lado advertir las desviaciones.

Este tipo de mantenimiento es netamente del área de producción, donde el operador de la maquina es el principal actor. En plantas industriales automatizadas frecuentemente el operador se encarga de una o varias máquinas, ello implica una adecuada gestión de mantenimiento productivo, por lo tanto el operador conoce mejor que nadie sobre las características de funcionamiento de su máquina, por ello es el más idóneo para su mantenimiento.

#### **Etapas del Mantenimiento Autónomo**

Según Cuatrecasas y Torrell (2010), nos indica que para una adecuada implantación del mantenimiento autónomo existen tres niveles que son:

- Nivel básicos que cuenta con tres niveles ( niveles 1, 2, y 3)
- Nivel de eficiencia, contando con el nivel 4 y 5
- Nivel de plena implantación, que incluyen los niveles 6 y 7.

Los mismos autores señalan que el Mantenimiento Autónomo tendrá como objetivo la eliminación de las Seis Grandes Perdidas.

En el siguiente cuadro se detalla los niveles de implantación del mantenimiento autónomo.

Figura. 11. Relación del nivel de capacitación alcanzado en cada etapa.

Niveles de Mantenimiento Autonomo	Niveles para capacitacion de operarios
7. Gestion autonoma completa	Puede reparar el equipo
6. Organización y orden	Conoce las relaciones entre la precision del equipo y la calidad del producto
5. Inspeccion autonoma	
4. Inspeccion general	Conoce la funcion y la estructura del equipo
3. Establecimiento de estandares	
2. Eliminacion de focos de suciedad y zonas inaccesibles	Puede detectar problema y comprender los principios y procedimientos de mejora del equipo
1. Limpieza inicial	

Fuente: Cuatrecasas y Torrell.

### Las 5's en el Mantenimiento Autónomo

Según Cuatrecasas y Torrell (2010), “el Mantenimiento Autónomo está basado en el principio de las 5's<sup>16</sup> que son cinco aspectos básicos para el desarrollo de las actividades de los procesos de producción y del mantenimiento en particular, con la máxima eficiencia y rapidez.”<sup>17</sup>

#### Seiri – Organización

El operador debe identificar los elementos necesarios para poder trabajar sin dificultades; ello implica, planificar, controlar todos los materiales, herramientas y equipos que son parte del proceso. Es habitual tener la famosas tarjetas rojas, en donde identificara si es necesario o no la presencia de la misma.

#### Seiton – Orden

Una vez identificado los elementos del proceso es necesario la correcta disposición de las mismas; en donde se priorizara por el mayor grado de uso, ya sea herramientas, materiales, equipos, etc.

#### Seiso – Limpieza

<sup>16</sup> Las 5 Ss son de origen japonés y se caracterizan por la letra inicial S, que son: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke.

<sup>17</sup> CUATRECASAS, L. y TORRELL, F. TPM en un entorno Lean Managment. Barcelona: Profit Editorial, 2010. ISBN 9788492956128

Una adecuada limpieza de los equipos y el área de trabajo minimizan la probabilidad de accidentes laborales y permite identificar rápidamente las posibles fallas de los equipos. El operador es quien pasa más tiempo con la máquina, conoce la velocidad, el ruido, vibración, etc.

### **Seiketsu – Estandarización**

Se deberá contar con procedimientos de operación cuya finalidad será estandarizar una determinada actividad, ello motivará al colaborador personal que labora en la planta, pues será capaz de asumir tareas nuevas.

### **Shitsuke – Disciplina**

La disciplina y el respeto son pilares fundamentales para la buena relación entre los colaboradores. De nada servirá los pasos anteriores si no se tiene la disciplina.

#### **b) Mantenimiento Planificado**

Cuatrecasas y Torrell (2010), afirman:

“El mantenimiento planificado es el conjunto sistemático de actividades programadas de mantenimiento cuyo fin es acercar progresivamente a una planta productiva al objetivo que pretende el TPM: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, y cero accidentes; este conjunto planificado de actividades se llevara a cabo de personal específicamente cualificado en tareas de mantenimiento y con avanzadas técnicas de diagnóstico de equipos.”<sup>18</sup>

Mantenimiento planificado surgirá como resultado de la coordinación existente entre el mantenimiento especializado y el mantenimiento autónomo realizado por ambos departamentos (mantenimiento y producción respectivamente), estas deberán funcionar sincronizados para asegurar un mantenimiento planificado de alta calidad.

---

<sup>18</sup> CUATRECASAS, L. y TORRELL, F. TPM en un entorno Lean Managment. Barcelona: Profit Editorial, 2010. ISBN 9788492956128. p. 189.

El área de mantenimiento planificado se encargara de programar la frecuencia de actividades o grupos de trabajo teniendo como objetivo prolongar la vida útil del equipo asegurando el rendimiento para la cual fue diseñada. Esta programación puede basarse en mantenimiento por tiempo (periódico) o por condiciones.

### **c) Mantenimiento Preventivo (PM)**

Cuatrecasas y Torrell (2010) sostienen que, “El Mantenimiento Preventivo cuyo, objetivo básico es la planificación de actividades de mantenimiento que eviten problemas posteriores de cualquiera de los seis grandes tipos de perdidas, se apoya en dos pilares: el TBM y el CBM.”<sup>19</sup>

La aplicación del mantenimiento preventivo (PM<sup>20</sup>) es importante ya que estas aseguran la aplicación del TPM a largo plazo, pues es necesario la asignación de recursos para su cumplimiento.

Para Cuatrecasas y Torrell (2010), el TBM<sup>21</sup> consiste en actividades básicas que facilitan el funcionamiento adecuado y continuado del equipo siendo realizadas en conjunto por el Mantenimiento Autónomo y el Mantenimiento Especializado. Estas actividades consisten en inspeccionar, limpiar, reponer y restaurar piezas periódicamente para prevenir las averías (p. 192).

### **d) Mantenimiento Predictivo (CBM<sup>22</sup>):**

En referencia de acuerdo a Cuatrecasas y Torrell (2010), el Mantenimiento Predictivo consiste en:

“El mantenimiento predictivo se basa en la utilización de equipos de diagnóstico y modernas técnicas de procesamiento de señales que evalúan las condiciones del equipo durante la operación y determinan cuando se precisan su mantenimiento” (p.193).

---

<sup>19</sup> CUATRECASAS, L. y TORRELL, F. TPM en un entorno Lean Managment. Barcelona: Profit Editorial, 2010. ISBN 9788492956128 p. 192.

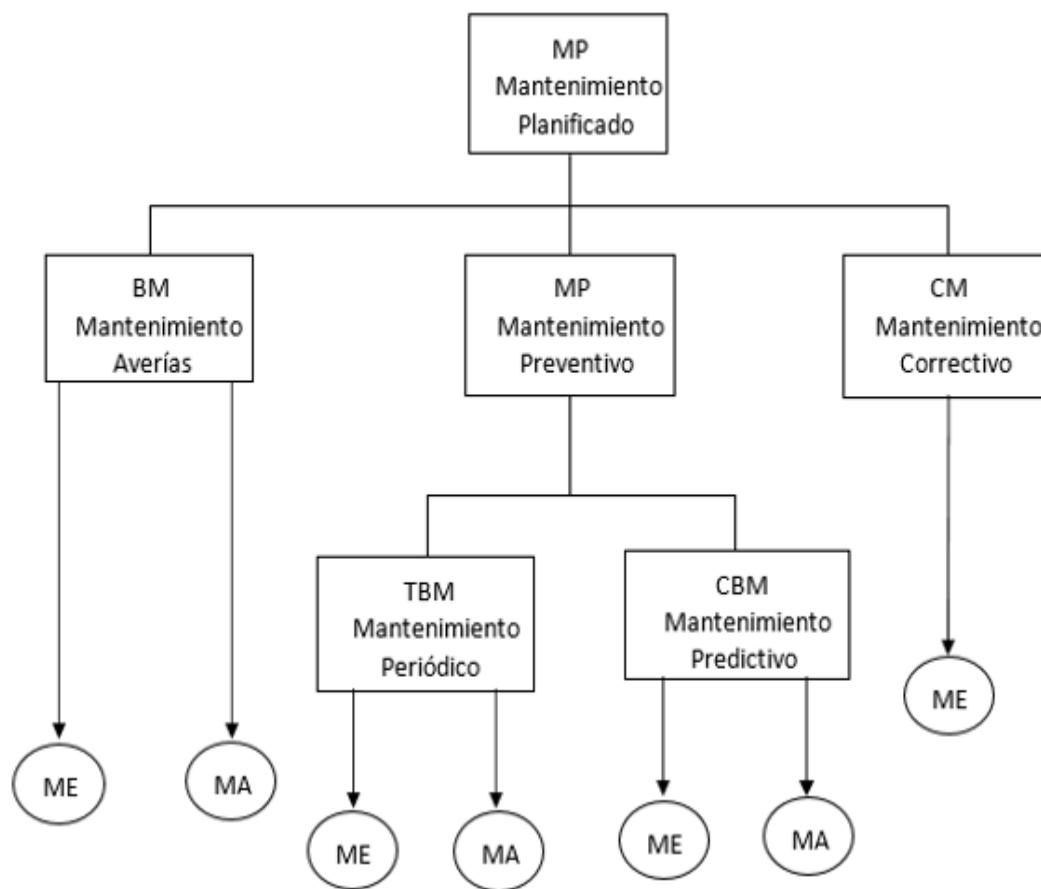
<sup>20</sup> PM, Maintenance Preventive, cuyo significado es Mantenimiento Preventivo.

<sup>21</sup> TBM, Time Based Maintenance (Mantenimiento Basado en el Tiempo).

<sup>22</sup> CBM, Condition Based Maintenance (Mantenimiento Basado en Condiciones)

Este tipo de mantenimiento consiste el diagnóstico temprano de posibles anomalías, se realiza por medio de equipos de monitoreo y análisis de los diferentes componentes del proceso o la planta en general. La aplicación de este tipo de mantenimiento requiere de asignación permanente de recursos. Podemos mencionar como ejemplo las actividades de monitoreo vibracional de los motores eléctricos, pruebas termografías de los sistemas eléctricos, etcétera.

Figura 12. Clasificación del Mantenimiento Planificado.



Fuente: Cuatrecasas y Torrell (2010).

### Etapas del Mantenimiento planificado

Según Cuatrecasas y Torrell (2010), afirman que la implantación del mantenimiento planificado debe ser resultado de una buena planificación interdepartamental, y, señala que el mantenimiento planificado debe cumplir dos objetivos:



1. Eficiencia de equipos y procesos
2. Rentabilidad económica

Figura 13. Etapas de Implementación del mantenimiento planificado.

<b>Etapas</b>	<b>Actividades principales</b>
<i>1. Analisis y conocimiento de la condicion actual del equipo</i>	Disponer de registros de mantenimiento
	Equipo para mantenimiento planificado
	Condiciones de trabajo actuales del equipo
	Fijar objetivos(MTBF, MTTR, costes, etc
<i>2. Busqueda y reconduccion del equipo hacia el estado actual</i>	Validar el mantenimiento autonomo
	Corregir puntos debiles del diseño
	Contrametidas frente a la repiticion de fallos
<i>3. Establecimiento de un sistema de control de la informacion</i>	Comprension de la situacion actual de partida
	Establcer un sistema de control de datos de fallos
	Establecer sistema de control del mantenimiento
	Sistema de control de presupuesto de mtto.
	Sistema de control de piezas de repuesto /material
	Establcer un sistema de control de la tecnologia
<i>4. Establecimiento de un sistema de Mantenimiento Sistemático</i>	Selección del equipo o componentes
	Planificacion del mantenimiento
	Estandarizacion del mantenimiento
	Control del progreso
<i>5. Establecimiento de un sistema de Mantenimiento Predictivo</i>	Selección del equipo y condicion a medir
	Tecnicas de daignostico adecuada
	Desarrollar nuevas tecnologias de diagnostico
<i>6. Evaluacion del Mantenimiento Planificado</i>	Evaluar el mantenimiento planificado : numero de fallos, frecuencia de fallos, MTBF, MTTR, ahorro de costes de mantenimiento, etc.

Fuente: Cuatrecasas y Torrell (2010).

### 1.3.2 Productividad

Según García (2011), “La productividad es la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de producción que intervinieron.”<sup>23</sup>

Según esta definición podemos indicar que la productividad es un valor cuantitativo en un intervalo de tiempo, con recursos utilizados para el cumplimiento de una meta establecida. Señala que hay diferencias notables de conceptos de los términos eficacia, eficiencia, efectividad y productividad. Existe una relación entre la productividad y los factores que intervienen en ella, factor capital, factor tecnología, factor gente, en donde se busca optimizar adecuadamente los recursos empleados.

Por otro lado Cruelles (2013), señala que “La productividad es una ratio o índice que mide la relación existente entre la producción realizada y la cantidad de factores o insumos empleados en conseguirla.”<sup>24</sup>

Definición parecida a la anterior que también relaciona la producción con respecto a los factores empleados.

Karl Marx también se refirió al concepto de productividad en “El Capital”<sup>25</sup>. Desarrollando teórica y empíricamente tanto para el sector agrícola como para el industrial, particularmente la actividad textil y por ello define:

“[...] el grado social de productividad del trabajo se expresa en el volumen de la magnitud relativa de los medios de producción que un obrero, durante un tiempo dado y con la misma tensión de la fuerza de trabajo, transforma en producto [...]” (Marx, 1980).

Marx conceptualiza a la productividad como un incremento de la producción que depende de la habilidad del colaborador para poder producir según los medios de producción instalados partir del desarrollo de la capacidad productiva del hombre sin variar el uso de la fuerza de trabajo.

---

<sup>23</sup> GARCÍA, A. Productividad y Reducción de Costos para la Pequeña y Mediana industria. 2ª ed. México: Editorial Trillas, 2011. ISBN 9786071707338.p.17

<sup>24</sup> CRUELLES, J. Productividad e incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan. 1ª ed. México: Alfaomega Grupo Editor. ISBN 978-84-267-1791-7. p.

<sup>25</sup> El Capital, obra celebre de Carl Marx que describe conceptos básicos del trabajo.

Por otro lado Gutiérrez (2014), nos señala:

“La productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etcétera.”<sup>26</sup>

Según el autor, señala que la productividad se mide a través de dos componentes que son eficiencia y eficacia.

La eficacia busca cumplir con las metas trazadas, a nivel de gestión administrativa, producción, operatividad de máquina, etc.

Mientras que la eficiencia son los resultados de los productos obtenidos con respecto a los recursos que fueron utilizados, así buscar eficiencia es optimizar recursos, reducir mermas, planificar adecuadamente.

En cuanto a la efectividad dice que es la trascendencia de los objetivos que deben ser alcanzados.

Asimismo, Poropenko (1989) indica:

“La Productividad se define como el uso eficiente de recursos- trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información- en la producción de diversos bienes y servicios.”<sup>27</sup>

Las actividades económicas, ya sean de bienes o servicios se miden por el índice de productividad, ello refleja la supervivencia de la organización en un mercado altamente competitivo.

Razón por el cual cada organización busca innovar e implementar mejoras sustanciales en su proceso para mejorar sus indicadores de operación.

---

<sup>26</sup> GUTIERREZ, H. *Calidad y Productividad*. 4ª ed. México D.F.: Mac Graw-Hill/ Interamericana Editores, 2014. ISBN 978-607-15-1148-5 p. 20.

<sup>27</sup> POROPENKO, J. *Gestión de la productividad*. 1ª ed. Ginebra.: Oficina Internacional del Trabajo, 1989. ISBN 92-2-305901-1 p. 3.

Para el desarrollo de nuestra investigación, nos basaremos en la teoría de Alfonso García Cantú, quien ha investigado publicados diferentes libros y artículos, acerca de la productividad, quien diferencia notablemente los términos eficiencia, eficacia, productividad y efectividad.

Cantú (2011), nos indica en la definición inicial que existe una relación de los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron y finalmente concluye con lo siguiente:

“Índice de productividad expresa el buen aprovechamiento de todos y cada uno de los factores de la producción, los críticos e importantes, en un periodo definido.”<sup>28</sup>

En nuestro caso particular de estudio, tomaremos como referencia la fórmula que nos indica el autor.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Productos logrados}}{\text{Energía Utilizada}}$$

Los productos logrados serán la totalidad de despacho de la mezcla asfáltica en caliente tasada en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), ya que es una medida estandarizada en la pavimentación considerada en el sector construcción.

Prokopenko, Joseph (1989), indica que “los mejoramientos importantes de la productividad a menudo proceden de ahorro de materiales y energía. Las materias primas representan el 40% de los costos totales de producción nacional por término medio; si se incluye la energía esta cifra aumenta considerablemente.”<sup>29</sup>

Por otro lado consideraremos nuestra fuente de energía en la planta, ya que se trabaja con energía térmica; es decir la energía eléctrica de la planta es generada con grupos electrógenos cuyo materia prima es el diésel o petróleo industrial.

---

<sup>28</sup> GARCÍA, A. Productividad y Reducción de Costos para la Pequeña y Mediana industria. 2ª ed. México: Editorial Trillas, 2011. ISBN 9786071707338. p,17

<sup>29</sup> PROKOPENKO, J. Gestión de la productividad. 1ª ed. Ginebra.: Oficina Internacional del Trabajo, 1989. ISBN 92-2-305901-1 p. 171.

“La energía es la capacidad que tienen los cuerpos para producir trabajo: trabajo mecánico, emisión de luz, generación de calor, etc.”<sup>30</sup>

Según el Instituto Tecnológico de Canarias, existen tres fuentes de energía las cuales son considerados como energía primaria, energía secundaria y la energía útil.

En la actualidad el tema de energía es muy frecuente en muchos países ya que ello implica por lo general cambios en la naturaleza, pues hemos de considerar que para obtener energía secundaria es vital la energía primaria (petróleo crudo, gas natural, energía eólica, etcétera).

Un informe anual de CEPAL, indica que la energía secundaria se caracteriza porque fueron resultado de un proceso de transformación química o física, por ello son aptos para su consumo final.

Con esta definición podemos señalar que la gasolina o fuel oil, diésel oil o petróleo, gasolinas (de diferentes octanajes, con o sin plomo), gas licuado de petróleo (GLP), gasolina y kerosene de aviación, naftas, gas de refinería, electricidad, carbón vegetal, gases, gas de alto horno, se consideran productos secundarios.”<sup>31</sup>

### 1.3.2.1 Eficacia

GARCIA A. (2011) Define:

“Es la relación entre los productos logrados y las metas que se tienen fijadas. El índice de eficacia expresa el buen resultado de la realización de un producto en un periodo definido.”<sup>32</sup>

Eficacia es obtener resultados.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Productos logrados}}{\text{Meta}}$$

---

<sup>30</sup> SCHALLENBERG, Julieta et al. Energías renovables y eficiencia energética. 1ª ed. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, ISBN 978-84-69093-86-3

<sup>31</sup> CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2003), *Sostenibilidad Energética en América Latina y el Caribe: el aporte de las fuentes renovables* (LC/L.1966), Brasilia, Octubre. Publicación de las Naciones Unidas.

<sup>32</sup> GARCÍA, A. Productividad y Reducción de Costos para la Pequeña y Mediana industria. 2ª ed. México: Editorial Trillas, 2011. ISBN 9786071707338.p.17

Los datos que serán considerados para el siguiente análisis serán, las toneladas de mezcla asfáltica producidas y almacenadas en los silos de despacho, estos son aquellos que cumplen con todas las pruebas de calidad realizadas en laboratorio, por otro lado las metas serán la programación de la producción.

### **1.3.2.2 Eficiencia**

Según García (2011) nos define:

“Es la relación entre los recursos programados y los insumos utilizados realmente. El índice de eficiencia expresa el buen uso de recursos en la producción de un producto en un periodo definido.”<sup>33</sup>

Eficacia es obtener resultados.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Insumos programados}}{\text{Insumos utilizados}}$$

Se analizará la utilización total de agregados (toneladas de piedras, arenas) que proceso la planta para la obtención del producto final, y se comparará con el ingreso de agregados al inicio del proceso.

### **1.3.2.3 Efectividad**

GARCÍA A. (2011) Define:

“Es la relación entre la eficiencia y eficacia. El índice de efectividad expresa una buena combinación de la eficiencia y eficacia en la producción de un producto en un periodo definido.”<sup>34</sup>

Efectividad es hacer bien las cosas, obteniendo resultados.

$$\text{Efectividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}$$

El concepto de efectividad organizacional hace referencia a la capacidad o habilidad de la empresa para mantener y desplegar su proyecto en el tiempo, realizando todos los cambios que el acelerado desarrollo tecnológico le demanda.

---

<sup>33</sup> GARCÍA, A. Productividad y Reducción de Costos para la Pequeña y Mediana industria. 2ª ed. México: Editorial Trillas, 2011. ISBN 9786071707338 p.17

<sup>34</sup> GARCÍA, A. Productividad y Reducción de Costos para la Pequeña y Mediana industria. 2ª ed. México: Editorial Trillas, 2011. ISBN 9786071707338. p.17

Como se puede observar, para lograr este propósito la empresa debe indicadores para evaluar su desempeño.

Para alcanzar efectividad se debe motivar a sus miembros, de modo de que estos se comprometan y confíen en los objetivos de la empresa.

Asimismo indica, “que lector no debe ver simplemente estas fórmulas, sino la filosofía que nos encierran sus conceptos y el movimiento dinámico que esta genera”<sup>35</sup>

Con lo definido anteriormente deferimos que analizando nuestro sistema productivo podemos formular índices de productividad ya sea en valores cuantitativos o cualitativos.

El concepto productividad ha existido desde tiempos muy remotos y ha ido evolucionando en el tiempo hasta la actualidad. En la modernidad productividad significa producir más con menos esfuerzo y ello se logra con una correcta gestión e interacción en todos los niveles de la organización.

Es importante la reducción de los costos de operación las empresas del sector servicios o la industria manufacturera, ello con fines hacia el aumento de la productividad a través de la utilización más eficiente de la planta existente. Eso se logra con una interacción de la relación hombre - máquina, de cada operario calificado, de las materias primas y la organización administrativa.

#### **1.3.2.4 Factores de la productividad**

Según los autores existen diversas formas de medir la productividad, en el caso de nuestro estudio consideraremos la productividad factorial, la cual es conformada por el factor capital, factor tecnología y el factor gente que interactuaran independientemente entre ellas y deben mantener un balance equilibrado. Cada uno de estos factores es medible y los resultados serán considerados como índice de productividad.

---

<sup>35</sup> GARCÍA, A. Productividad y Reducción de Costos para la Pequeña y Mediana industria. 2ª ed. México: Editorial Trillas, 2011. ISBN 9786071707338. p.18

#### a) Factor capital

Según García (2010), afirma que una “planta manufacturera, el factor capital incluye el total de la inversión en los elementos físicos que entran en la fabricación de productos. Estos elementos son solo una parte del activo fijo del negocio.”<sup>36</sup>

Son los elementos formados por los activos fijos (terrenos, edificios, propiedades, instalaciones, maquinaria, etc.), las materias primas y el grado de inversión para producir un producto determinado.

Estos se deben utilizar adecuadamente, y recuperar la inversión generada en el menor tiempo posible.

#### b) Factor gente

Según García (2010), señala:

“Hemos visto la importancia que tiene el capital en una empresa industrial, no menos importante es la gente que colabora en ella. Los dos factores, capital y gente, no son ambivalentes, los dos se complementan. La importancia de uno y otro factor depende de las necesidades particulares de cualquier industria.”<sup>37</sup>

La preponderancia de cada uno de sus factores depende de la magnitud de las necesidades de cualquier industria.

Por ejemplo una industria que cuenta con procesos de última tecnología, necesita personal altamente calificado, pero en proporciones pequeñas, en cambio una empresa que no cuenta con tecnología avanzada, necesita personal a gran escala.

#### c) Factor tecnología

“El paso que llevan a las aplicaciones que llevan las computadoras ha procreado multitud de empresas subsidiarias, como sería la manufactura de componentes,

---

<sup>36</sup> GARCÍA, A. Productividad y Reducción de Costos para la Pequeña y Mediana industria. 2ª ed. México: Editorial Trillas, 2011. ISBN 9786071707338

<sup>37</sup> GARCÍA, A. Productividad y Reducción de Costos para la Pequeña y Mediana industria. 2ª ed. México: Editorial Trillas, 2011. ISBN 9786071707338



los servicios de información, los productos de bibliotecas, programas y paquetes de software.”<sup>38</sup>

Desde que el hombre llegó a la luna, surgió un cambio radical en la humanidad desarrollando nuevas tecnologías cuya finalidad es mejorar la condición humana. Resultado de ello surgieron nuevas tecnologías, sistemas de comunicación, se dio altamente el desarrollo de la electrónica que permitió el desarrollo de computadoras, etc.

La globalización es resultado de todo ese cambio radical que se dio en el siglo XX, ello innovó también los sistemas productivos creando nuevas tecnologías, instrumentos, automatización, etc.

#### **1.4. Formulación Del Problema**

Según, Bernal (2010):

“Para que una idea sea objeto de investigación, debe convertirse en problema de investigación. Ahora en investigación, problema es todo aquello que se convierte en objeto de reflexión y sobre el cual se percibe la necesidad de conocer y, por tanto de estudiar.”<sup>39</sup>

##### **1.4.1 Problema general**

¿De qué manera la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), mejora la productividad, en una planta de asfalto de la empresa ABC, Cajamarquilla, 2016?

---

<sup>38</sup> GARCÍA, A. Productividad y Reducción de Costos para la Pequeña y Mediana industria. 2ª ed. México: Editorial Trillas, 2011. ISBN 9786071707338

<sup>39</sup> Bernal, C. Metodología de la Investigación. 3ª ed. Bogotá: Pearson Educación, 2010. ISBN 9789586991285. p.88

### **1.4.2 Problemas específicos**

- a) ¿De qué manera la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), mejora la eficacia, en una planta de asfalto de la empresa ABC, Cajamarquilla, 2016?
- b) ¿De qué manera la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), mejora la eficiencia, en una planta de asfalto de la empresa ABC, Cajamarquilla, 2016?

## **1.5 Justificación Del Estudio**

Una investigación debe ser necesariamente justificado, ello implica explicar la utilidad, beneficios, importancia que tendrá el resultado del mismo en una área específica, entre ellas podemos mencionar la justificación teórica, practica, metodológica, socioeconómica.

### **1.5.1 Justificación teórica**

Según Bernal (2010), afirma:

En investigación hay una justificación teórica cuando el propósito del estudio es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente.<sup>40</sup>

La propuesta que se presenta está orientada en la aplicación del TPM en los equipos para mejorar la productividad en una planta de asfalto de la Empresa ABC, la cual permitiría acondicionar dichos equipos para que trabajen en condiciones óptimas y en la capacidad para la que fueron calculados y reduciendo las paradas no programadas por fallas.

Por ello nuestro estudio se basara en el sustento de teórico de Cuatrecasas y Torrell (2010), quien nos detalla los procedimientos que se debe considerar para aplicar el TPM (variable independiente), ya sea en una empresa de servicios o a

---

<sup>40</sup> Bernal, C. Metodología de la Investigación. 3ª ed. Bogotá: Pearson Educación, 2010. ISBN 9789586991285 p.106

nivel industrial; asimismo García Cantú (2011) nos define los conceptos en cuanto a nuestra variable dependiente, quien sostiene diferencias claras entre los términos productividad, eficacia, eficiencia y efectividad.

#### 1.5.2 Justificación práctica

Según Bernal (2010), afirma:

“Se considera que una investigación tiene una justificación practica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarlas ayudaría a resolverlos.”<sup>41</sup>

La propuesta está orientada para mejorar la productividad de la Empresa ABC, así como la presentación de un cuerpo de recomendaciones dirigidas al área pertinente, quedando de parte de la directiva la decisión de ejecutar o no la propuesta. El estudio puede servir de referencia para la realización de investigaciones similares relacionadas con plantas de asfalto en el país, que se encuentren en situaciones similares.

#### 1.5.3 Justificación metodológica

Según Bernal (2010), afirma:

“En investigación científica, la justificación metodológica del estudio se da cuando el proyecto se va a realizar propone un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento valido y confiable.”<sup>42</sup>

La investigación es de tipo aplicativo ya que se llevará a cabo el objetivo de investigación, asimismo es cuasi experimental ya que se harán diversas mediciones como parte del trabajo de campo. Todas estas actividades se encuentran dentro de la metodología de la investigación, que parte por observar un problema, plantear objetivos e hipótesis de estudio, posteriormente a través de la recolección de datos se aceptarán o rechazarán las hipótesis propuestas, para luego hacer conclusiones y recomendaciones finales, sirviendo todo ello como un documento científico. Los beneficios de la justificación metodológica recaen en su

---

<sup>41</sup> Bernal, C. Metodología de la Investigación. 3ª ed. Bogotá: Pearson Educación, 2010. ISBN 9789586991285 p. 106

<sup>42</sup> Bernal, C. Metodología de la Investigación. 3ª ed. Bogotá: Pearson Educación, 2010. ISBN 9789586991285 p.106

valor científico, ya que se han usado métodos científicos que permitieron identificar un problema, analizarlos y brindar pautas de solución.

### 1.5.3 Justificación Socio-económica

Según Carrasco (2008):

“Radica en los beneficios y utilidades que reporta para la población los resultados de la investigación, en cuanto constituye una base esencial y punto de partida para realizar proyectos de mejoramiento social y económico para la población.”<sup>43</sup>

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, si son positivos obtendremos mayor rentabilidad para la organización y ello indudablemente será de beneficio para todos los colaboradores.

Así mismo la mejora de los procesos aplicando el TPM, reducirá el esfuerzo laboral, se optimizaran las tareas y se creara conciencia en el colaborador.

## 1.6 Hipótesis

Hernández, Fernández y Baptista (2014), indican que:

“Las hipótesis indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado. Se derivan de la teoría existente y deben formularse de manera de proposiciones.”<sup>44</sup>

### 1.6.1 Hipótesis general

La aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), mejora la productividad, en una planta de asfalto de la empresa ABC, Cajamarquilla, 2016.

### 1.6.2 Hipótesis específicas

- a) La aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), mejora la eficacia, en una planta de asfalto de la empresa ABC, Cajamarquilla, 2016.

---

<sup>43</sup>CARRASCO S. Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. 2ª ed. Lima: Editorial San Marcos EIRL., 2008. ISBN 978-99972-38-344-1. p. 120

<sup>44</sup> HERNANDEZ R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, M. Metodología de la Investigación. 6ª ed. México D. F.: Mc. Graw Hill/ Interamericana Editores, 2014. ISBN 9781456223960 p. 92

- b) La aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), mejora la eficiencia, en una planta de asfalto de la empresa ABC, Cajamarquilla, 2016.

## **1.7. Objetivos**

Según Bernal (2010), afirma:

“Un aspecto definitivo en todo proceso de investigación es la definición de objetivos o del rumbo que debe tomar la investigación que va a realizarse. Así, los objetivos son los propósitos del estudio, expresan el fin que pretende alcanzarse, por tanto, todo el desarrollo del trabajo de investigación se orientara a lograr estos objetivos.”<sup>45</sup>

### **1.7.1 General**

Determinar de qué manera la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), mejora la productividad, en una planta de asfalto de la empresa ABC, Cajamarquilla, 2016.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- a) Establecer de qué manera la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), mejora la eficacia, en una planta de asfalto de la empresa ABC, Cajamarquilla, 2016.
- b) Establecer de qué manera la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), mejora la eficiencia, en una planta de asfalto de la empresa ABC, Cajamarquilla, 2016.

---

<sup>45</sup> Bernal, C. Metodología de la Investigación. 3ª ed. Bogotá: Pearson Educación, 2010. ISBN 9789586991285 p. 88

## **II. MÉTODO**

## 2.1 Diseño de investigación

Existen varios diseños de investigación, en nuestra investigación se desarrollara el diseño cuasi-experimental, para ello tomaremos el siguiente fundamento teórico.

Según Bernal (2010):

“Los diseños cuasi experimentales se diferencian de los experimentales verdaderos porque en aquellos el investigador ejerce poco o ningún control sobre las variables extrañas, los sujetos participantes de la investigación se pueden asignar aleatoriamente a los grupos y algunas veces tienen poco grado de control.”<sup>46</sup>

Estos diseños usualmente se utilizan para grupos ya constituidos, existen varios diseños cuasi experimentales, en nuestro caso utilizaremos el diseño de un solo grupo con medición previa (antes) y posterior (después) de la variable independiente, pero sin grupo de control.

Según Bernal (2010) que el diseño cuasi experimental comprende:

- Medición previa de la variable dependiente a ser estudiada (productividad).
- Aplicación de la variable independiente o experimental a los indicadores medibles.
- Nueva medición de la variable dependiente en los indicadores medibles (post test).

Esquema: **G: O<sub>1</sub> O<sub>2</sub> O<sub>3</sub> – X – O<sub>1</sub> O<sub>2</sub> O<sub>3</sub>**

**G:** Los indicadores vienen hacer el grupo que son asignados de manera aleatoria simple

**O<sub>1</sub> O<sub>2</sub> O<sub>3</sub>:** Se realiza una medición previa (Productividad)

**X:** Se realiza medición a la variable independiente es designado como experimental o variable independiente (Método TPM)

---

<sup>46</sup> Bernal, C. Metodología de la Investigación. 3ª ed. Bogotá: Pearson Educación, 2010. p 146  
ISBN 9789586991285

**O<sub>1</sub> O<sub>2</sub> O<sub>3</sub>:** Evaluación posterior a la aplicación la variable dependiente  
(Productividad)

**Dónde:**

O<sub>1</sub>: Pre-Test

X: Implementación del Método TPM

O<sub>2</sub>: Post-test

## **2.2. VARIABLES: OPERACIONALIZACIÓN**

### **2.2.1. Variable Independiente: Mantenimiento Productivo Total**

“El mantenimiento productivo total es una filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son; participación de todo el personal de la planta, eficacia total, sistema total de gestión de mantenimiento desde su diseño hasta la corrección, y la prevención.” (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p. 33)

### **2.2.2. Variable dependiente: Productividad**

“La productividad es la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron.

El índice de productividad expresa el buen aprovechamiento de todos y cada uno de los factores de la producción, los críticos e importantes en un periodo definido.” (García, 2011, p. 17)



Figura 14. Operacionalización de la variable independiente Aplicación de Filosofía TPM.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Mantenimiento Productivo Total	“El mantenimiento productivo total es una filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son; participación de todo el personal de la planta, eficacia total, sistema total de gestión de mantenimiento desde su diseño hasta la corrección, y la prevención.” (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p. 33)	La filosofía TPM consiste en un método eficaz que implementado adecuadamente sus etapas, permite la mejorar la eficiencia global de la planta, la implementación del proceso se medirá de acuerdo al avance de las actividades planificadas. Sus instrumentos de medición serán los check list, registros de capacitación.	Preparación	$P = \frac{A P}{T E}$ <p>P= Preparación A P = Actividades programadas T E = Tiempo establecido</p>	Razón
			Implementación	$RPP = \frac{PPI}{PPA}$ <p>RPP = Reducción de paradas PPI = paradas de producción inicial PPA = paradas de producción actual.</p>	Razón

Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Operacionalización de la variable dependiente Productividad.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Productividad	<p>“La productividad es la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron.</p> <p>El índice de productividad expresa el buen aprovechamiento de todos y cada uno de los factores de la producción, los críticos e importantes en un periodo definido.” (García, 2011, p. 17)</p>	<p>La productividad mide la relación de los productos logrados entre los recursos o factores empleados. Los resultados pueden medirse en toneladas producidas, ahorros de energía, rentabilidad. En tanto los recursos empleados pueden cuantificarse por los factores que intervienen en ella, tales como la fuente energía primaria, agregados utilizados.</p> <p>Los instrumentos utilizados son las hojas de reporte de equipos, y la base de datos del software Telltronik V.22 de la planta Lintec CSD 2500</p>	Eficacia	$IEfc = \frac{Pt\ ma\ (tn)}{Pr\ ma\ (tn)}$ <p>IEfc= Índice de Eficacia Pt ma= Producción total de mezcla asfáltica Pr ma= Programación de mezcla asfáltica</p>	Razón
			Eficiencia	$IEfn = \frac{A.P.\ (tn)}{A.U.\ (tn)}$ <p>IEfn= Índice de Eficiencia AP= Agregados Programados (tn) AU= Agregados Utilizados (tn)</p>	Razón

Fuente: Elaboración propia

## **2.3 Población, muestra**

### **2.3.1 Población**

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), “población o universo conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones.”<sup>47</sup>

La población lo conforman catorce registros semanales de producción de mezcla asfáltica antes y después de la implantación de la filosofía del mantenimiento productivo total (TPM).

### **2.3.2 Muestra**

Bernal (2010) indica que, la “muestra es parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuara la medición y la observación de las variables de estudio.”<sup>48</sup>

La presente investigación de diseño cuasi experimental; porque la muestra es igual a la población.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1 Técnicas**

Define HERNÁNDEZ, Roberto (2003) que una vez seleccionado el diseño de investigación apropiado y la muestra adecuada de acuerdo al problema de estudio y de hipótesis, la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre las variables de investigación (p. 208).

La técnica utilizada en la presente investigación consistirá en el análisis de datos numéricos, observaciones de campo, análisis documental.

### **2.4.2 Instrumentos de recolección de datos**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), recolectar “datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico.”<sup>49</sup>

---

<sup>47</sup> HERNANDEZ R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, M. Metodología de la Investigación. 6ª ed. México D. F.: Mc. Graw Hill/ Interamericana Editores, 2014. ISBN 9781456223960

<sup>48</sup> Bernal, C. Metodología de la Investigación. 3ª ed. Bogotá: Pearson Educación, 2010. ISBN 9789586991285

**Instrumento:** Formatos para la recolección de datos.

Para la recolección de datos hará uso de los formatos del parte diario de equipos y la base de datos del Software Telltronik CS21 instalada en la planta.

### **2.4.3 Validez**

HERNÁNDEZ, Roberto (2010), nos indica que la validez de expertos se refiere al grado en que aparentemente un instrumento de medición mide la variable en cuestión, de acuerdo con expertos en el tema (p. 204).

La presente investigación fue validada por los siguientes profesionales:

- Dr. Jorge Malpartida G. – Ingeniero Industrial
- Mg. Teresa Miranda H. – Ingeniera Industrial
- Mg. Jose la Rosa Zeña – Ingeniero Industrial

- **Datos recopilados de la empresa**

Los datos que se han utilizado se encuentran incorporados en las tablas de cálculos, fueron observados y levantados de la base de datos de la planta y el parte diario de equipos.

### **2.4.4 Confiabilidad**

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), la “confiabilidad es el grado que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes” (p. 200).

## **2.5 Métodos de análisis de datos**

El análisis de datos bajo el enfoque estadístico describe que los resultados obtenidos son representaciones de la realidad, pero no implica que sea la realidad misma, asimismo los resultados numéricos siempre interpretan bajo el contexto del objeto de estudio.

En la presente investigación se usará el programa estadístico SPSS V.22 (software) el cual se trabajará de acuerdo a los criterios de la Estadística descriptiva-Inferencial.

---

<sup>49</sup> HERNANDEZ R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, M. Metodología de la Investigación. 6ª ed. México D. F.: Mc. Graw Hill/ Interamericana Editores, 2014. ISBN 9781456223960

### **2.5.1 Análisis Descriptivos:**

Se analizarán los datos recopilados y procesados de la variable dependiente, que comprende 14 registros de producción semanales antes y después de implantación, en ella se hallarán el promedio, mediana, varianza con la finalidad de realizar la unidad de análisis descriptiva.

### **2.5.2 Análisis Inferencial:**

Los datos serán procesados por el software SPSS V.22 en ellas se determinará:

1. Pruebas de normalidad de los datos procesados
2. Prueba de contrastación de hipótesis

## **2.6 Aspectos Éticos**

Todas las fuentes utilizadas en la presente investigación han sido referenciadas debidamente mencionando a los autores cuyas publicaciones sirvieron como aporte, asimismo los datos consignados son verdaderos y pertenecen a un proceso real, por políticas de seguridad conservaremos en el anonimato la razón social de la empresa para lo cual denominaremos Empresa ABC.

Se da fe que todas las fuentes consignadas en esta investigación fueron debidamente referenciadas, así mismo que los datos obtenidos serán descritos fielmente en la parte de los resultados.

## **2.7 Diagnóstico De La Gestión Actual De La Planta Mezcla Asfáltica**

La empresa en donde se realiza el siguiente estudio, es líder en la producción de mezcla asfáltica, contando con varias plantas a nivel nacional, por ello se reserva la identidad de la misma, razón por la cual denominaremos Empresa ABC.

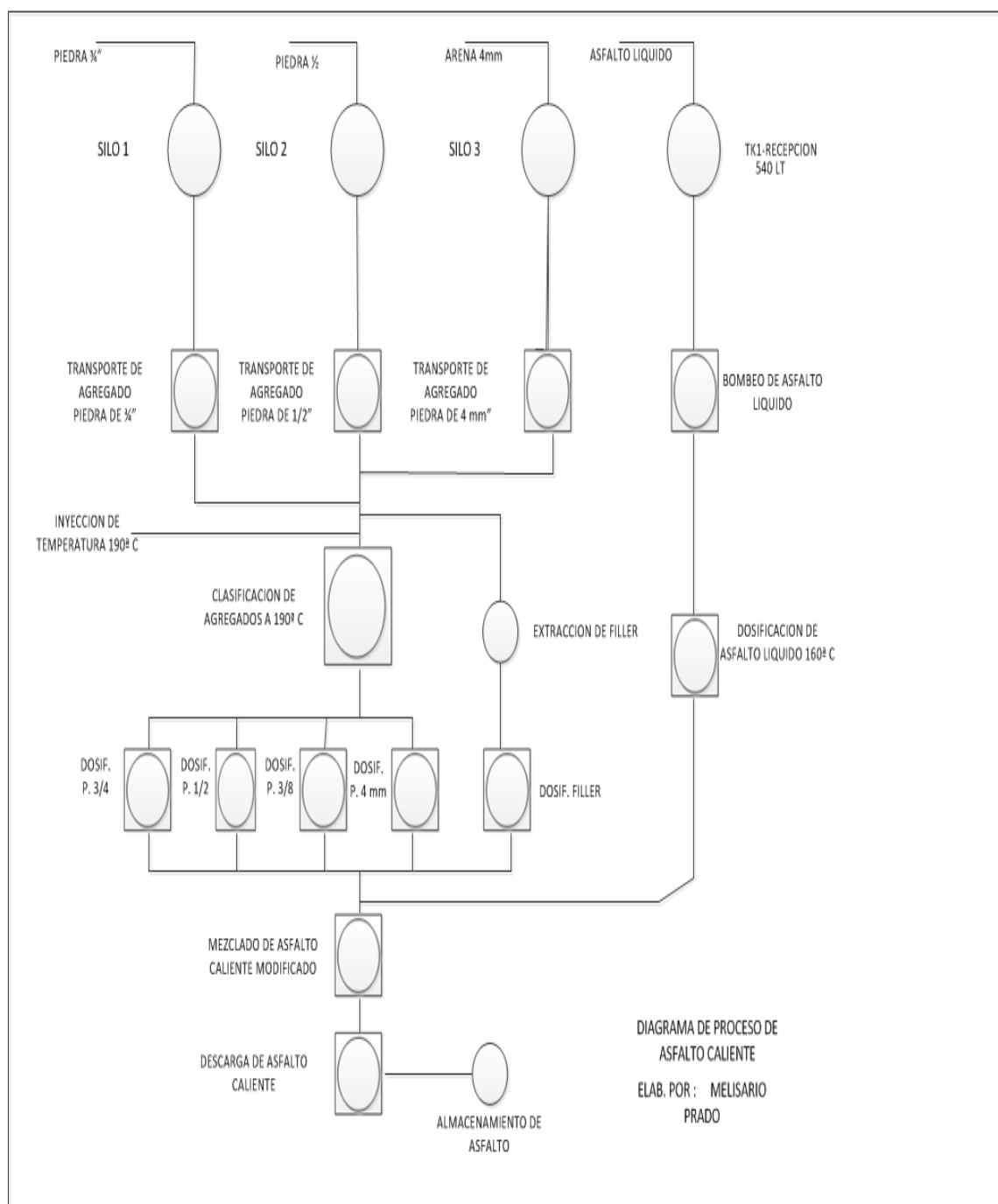
La planta está ubicada en un predio de 10 000 m<sup>2</sup>, afueras de la ciudad por temas socio ambientales, de procedencia alemana cuenta con una capacidad de producción de 150 TN/H. Es una planta cuyo proceso es netamente automatizada contando para su operación con un total de 20 personas entre operadores, personal de mantenimiento y jefes de planta. Cuenta con todo sistema de bloqueo ante una

Figura 16. Diagrama de flujo de la planta.



En la siguiente figura se aprecia el diagrama de operaciones de la planta, y del proceso de mezcla asfáltica en caliente.

Figura 17. Diagrama de operaciones del proceso



Fuente: Elaboración propia.

## 2.7.2. Cronograma de aplicación del TPM

Figura 18. Cronograma de aplicación TPM

Proyecto: Proceso de implementación del Mantenimiento Productivo Total - TPM						Empresa:		ABC		
Objetivo: Mejora de la productividad										
Meta: Reduccion del consumo energetico y mejora de la produccion de mezcla de asfalto caliente				INICIO : 01/01/16		FIN: 29/02/16				
ITEM	ACTIVIDADES	ENERO					FEBRERO			
NUM		SEM .1	SEM .2	SEM .3	SEM .4	SEM .5	SEM .6	SEM .7	SEM .8	SEM .9
FASE 1	PREPARACION									
	Reuniones con gerencia									
1	Declaratoria de la gerencia a implementar el TPM									
2	Campaña de difusion del TPM									
3	Estrucutura promocional del TPM									
4	Fijacion de las politicas y objetivos									
5	Plan maestro de implementacion									
FASE 2	INTRODUCCION									
	Arranque formal del programa									
FASE 3	IMPLANTACION DEL TPM									
7	Mejorar la efectividad del equipo									
8.0	Implantacion del mantenimiento planificado									
8.1	Analisis y conocimiento de la condicion actual del equipo, reporte de fallos planta asfalto									
8.2	Busqueda y reconduccion del equipo hacia su estado ideal									
	corregir puntos debiles del diseño, mantto correctivo									
8.3	Establecimiento de un sistema de control de la informacion									
	presupuesto del mantenimiento preventivo									
8.4	Establecimiento de un sistema de mantenimiento sistematico									
	planificacion del mantto preventivo									
	plan de lubricacion									
8.5	evaluacion del mantenimiento planificado									
	ahorro de costos de mantenimiento									
9.0	Mantenimiento Autonomo									
9.1	limpieza inicial e inspeccion									
9.2	reduccion de las fuentes de contaminacion									
9.3	preparacion de estandares , limpieza y lubricacion									
9.4	inspeccion general									
9.5	inspeccion autonoma, estandarizacion y control a.total									
10	elaboracion de documentos									
FASE 4	CONSOLIDACION									
11	evaluacion de la implementacion del TPM									

Fuente: Elaboración propia



### **2.7.3 Descripción del proceso de implementación del TPM**

Para implementar la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM), se debe cumplir las cuatro fases definidas que son: preparación, introducción, implantación y consolidación con un total de 12 etapas, la magnitud de la implementación varía según las áreas y/o equipos a implementar y el tamaño de la empresa.

#### **FASE 1: Preparación**

Proceso en la cual cuenta con cinco etapas debidamente estructuradas, en ella incluiremos la segunda fase que es la introducción, esto se debe que nuestra planta opera con poco personal.

##### **Etapas 1. Declaratoria de la gerencia de aplicar el TPM en la empresa.**

Luego de sostener varias reuniones entre la gerencia, el jefe de producción, responsables de mantenimiento, producción y control de calidad de la empresa en estudio, finalmente la gerencia se decidió por la aplicación del TPM y procedió a dar luz verde al proyecto. Cabe resaltar que para ello se habían presentado informes de producción, reporte de fallos y eventos, cantidad de insumos utilizados, extraídos de la base de datos del software Telltronik V.22 de la máquina, las bitácoras de producción y el histórico de consumo de combustible.

##### **Etapas 2 Campaña de difusión del TPM**

Se realizó una charla introductoria al TPM al cual asistieron el personal de mantenimiento, producción, jefes de planta y el Gerente de la Empresa.

Se realizó capacitaciones del programa, con mayor implicancia en 5 s, Seguridad Industrial, tipos de mantenimiento, y objetivos del programa, hojas capacitación ver en anexos.

##### **Etapas 3 Estructura promocional**

Se formó un comité TPM y dos pequeños grupos, el primer grupo formado por las jefaturas de producción, mantenimiento, de donde se eligió al jefe de mantenimiento como coordinador TPM, ya que tiene conocimientos en sistemas de costos de mantenimiento, técnicas de eliminación del deterioro de los equipos, conocimientos sólidos de mantenimiento preventivo y autónomo. Cabe considerar que el jefe de planta es el promotor principal de la aplicación del TPM.

El coordinador del TPM de planta, debe planificar y liderar la aplicación, medir los avances del proyecto, facilitar la comunicación entre el comité y la gerencia, con éste último especialmente para realizar el desembolso económico.

#### **Etapas 4. Fijación de las políticas base y objetivos**

En una reunión entre el comité TPM y el Gerente de la empresa, se establecieron el objetivo principal y metas del proyecto.

Objetivo principal:

“Mejorar la productividad en la planta de asfalto.”

Meta:

Reducción del consumo energético y mejora de la producción de mezcla de asfalto caliente.

#### **Etapas 5 Elaboración del plan de implementación y arranque formal del programa**

Se elaboró el cronograma de aplicación del TPM. y finalmente se reunió nuevamente a todo el personal de planta, donde el Jefe de Planta anuncia formalmente el inicio del proyecto. Se resalta que aplicaremos el Mantenimiento Autónomo y el Mantenimiento Planificado (en este aspecto ya se estaban avanzando en el mantenimiento correctivo por la premura del proyecto).

Figura 19. Plan maestro de implementación

TITULO : PLAN MAESTRO DE IMPLANTACION DEL TPM - ABC

TPM - ABC

OBJETIVO: Mejora de la productividad.

ITEM	PLAN	ACCION	AREAS IMPLICADAS	RESPONSABLE	DURACION	INICIO	FIN	AVANCE (%)	OBSERVACIONES
001	Capacitacion	TPM, conceptos y objetivos	Produccion, mantenimiento, calidad, logistica, administracion, SSOMA	Gerente General	01 dia	04.01.16	04.01.16	100	
002		seguridad industrial		Supervisor SSOMA	01 dia	06.01.16	06.01.16	100	
003		conceptos de 5 Ss			01 dia	05.02.16	05.02.16	100	
004		Conceptos de eficiencia de equipos		Jefe de mantenimiento	01 dia	15.01.16	15.01.16	100	
005		Conceptos de lubricacion			01 dia	03.02.16	03.02.16	100	
006		seis grandes perdidas de los equipos			01 dia	11.01.16	11.01.16	100	
007		Conceptos de mantenimiento autonomo			Supervisor de produccion	01 dia	01-02.16	01-02.16	100
008	Efectividad del equipo	AMFE - Conceptos	Produccion y mantenimiento	Jefe de mantenimiento	03 dias	13.01.16	16.01.16	100	
011	Mantenimiento planificado	analisis del estado actual del equipo	Mantenimiento			06 dias	12.01.16	18.01.16	100
012		MC: Adquisicion de grupo electrogeno auxiliar	Mantenimiento	Jefe de planta	30 dias	11.01.16	09.02.16	100	
013		MC: Modifacion de sistema de descarga	Mantenimiento		20 dias	04.01.16	23.01.16	100	
014		Establecimiento de un sistema de control de la informacion	Mantenimiento y produccion	Mecanico, operador de planta	04 dias	19.01.16	23.01.16	100	
015									
016		Elaboracion de plan de lubricacion			06 dias	01.02.16	07.02.16	100	
017		Elaboracion de plan de mantenimiento preventivo	Mantenimiento	Mecanico y electricista	05 dias	25.01.16	30.01.16	100	
018		Evaluacion del mantenimiento planificado	Mantenimiento	Jefatura de calidad	01 dia	02.02.16	02.02.16	100	
019	Mantenimiento autonomo	Limpieza inicial e inspeccion	Produccion	Supervisor SSOMA	03 dias	01.02.16	03.02.16	100	
020		Reduccion de las fuentes de contaminacion	Produccion y mantenimiento		03 dias	04.02.16	06.02.16	100	
021		Preparacion de estandares, limpieza y lubricacion			03 dias	08.02.16	10.02.16	100	
022		Elaboracion de formatos check list		Supervisor de proudccion	03 dias	11.02.12	13.02.12	100	
023		Inspeccion autonoma, estandarizacion y control total	Produccion	Supervisor de produccion, SSOMA	05 dias	15.02.16	20.02.16	100	
024									
025		Aplicación de laS 2 Ss	Produccion						
026	Consolidacion	Evaluacion de la implementacion	Produccion y mantenimiento	Jefatura de calidad	13 dias	01.02.16	13.02.16	100	
027		Elaboracion de plan de auditorias			14 dias	15.02.16	29.02.16	50	

Gerente General

Jefe de planta

Coordinador TPM

Fuente: Elaboración propia.

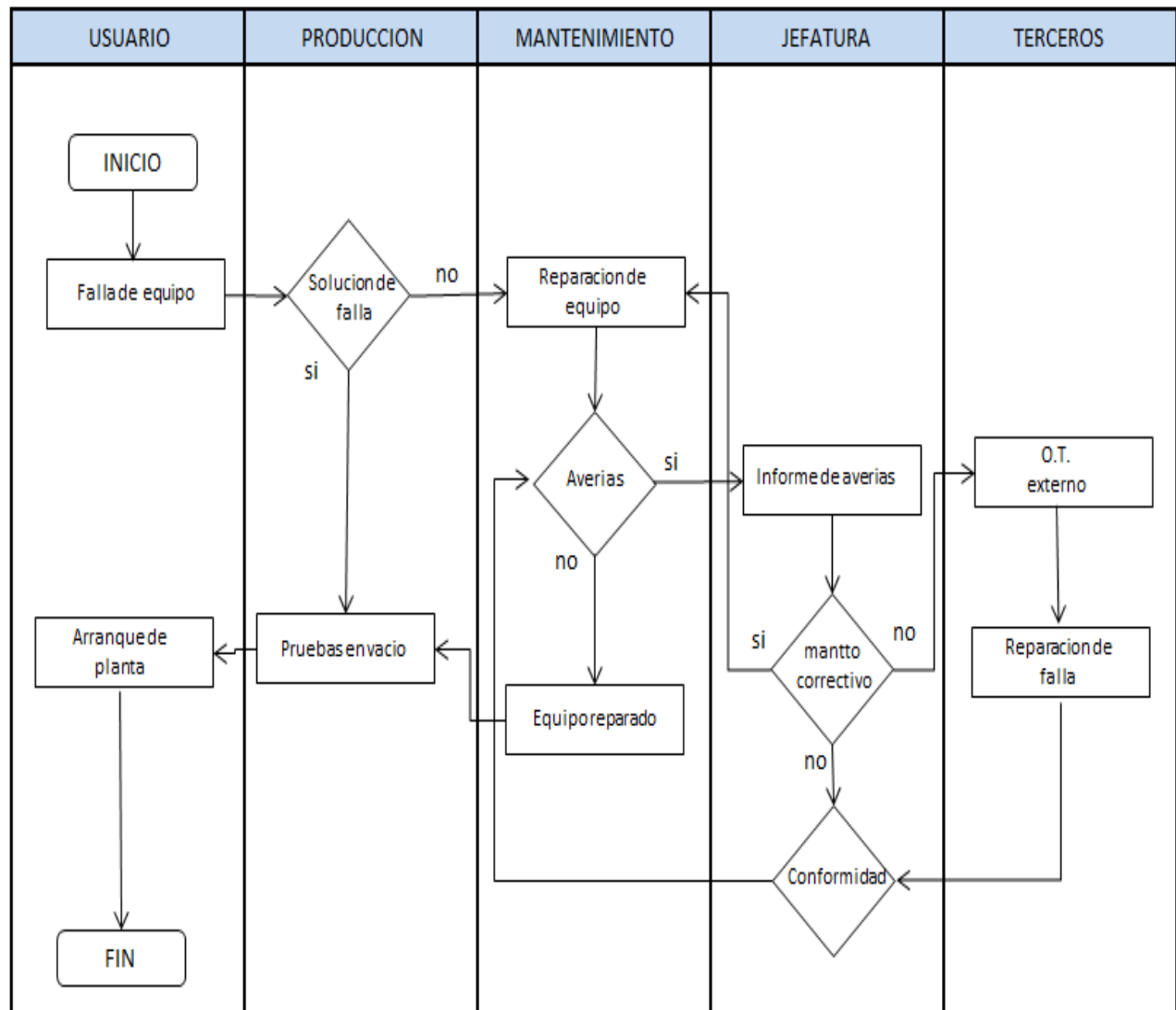
## FASE 2: Introducción

### Etapa 6. Arranque formal del TPM

Finalmente se el gerente convoco una reunió a todo los colaboradores, donde el Jefe de Planta anuncia formalmente el inicio del proyecto.

Para efectos del plan se elaboró un diagrama de flujo del área de mantenimiento antes de la implantación del TPM, mostrados en la siguiente figura.

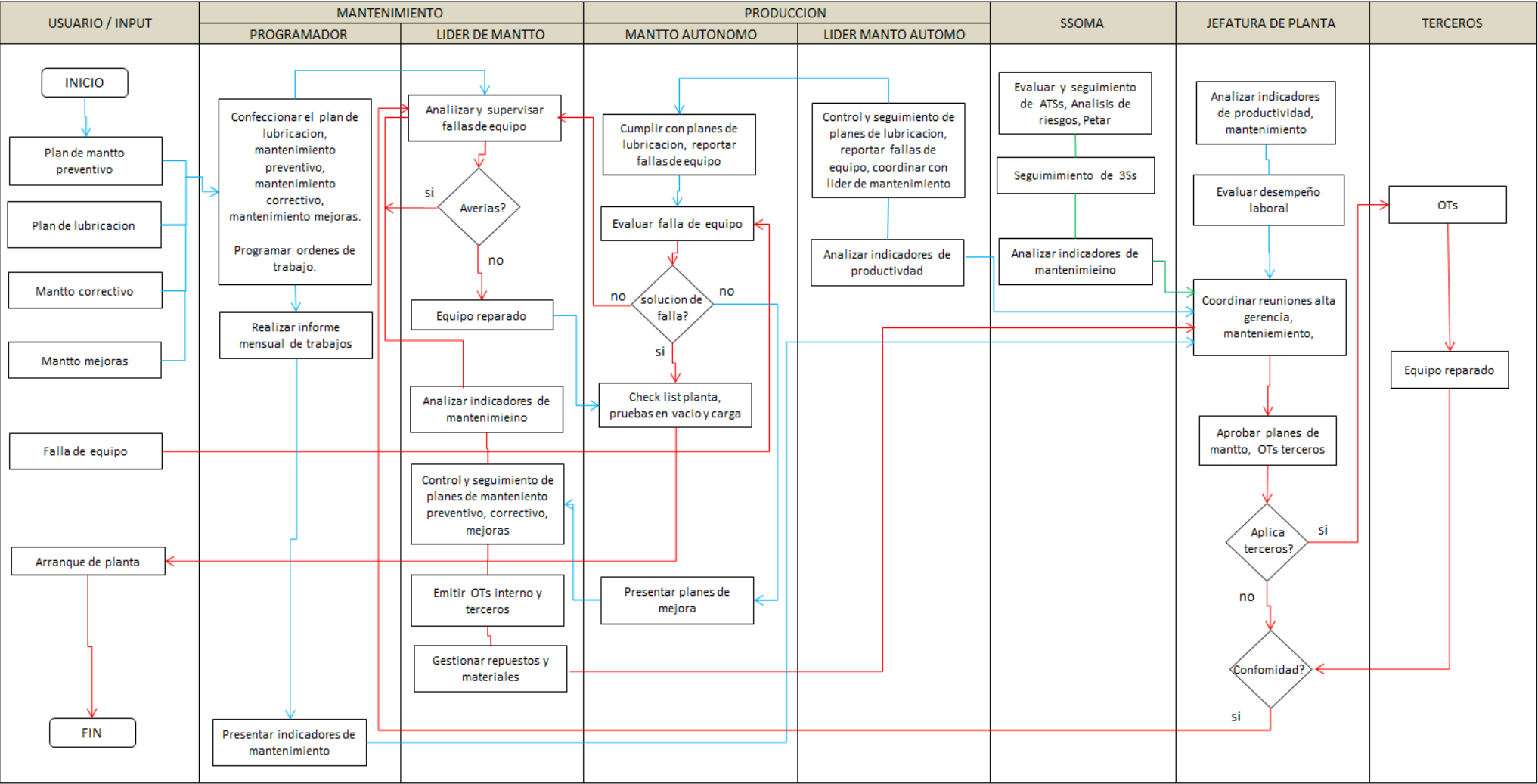
Figura 20. Diagrama de flujo - mantenimiento antes de TPM



Fuente: Elaboración propia.

Luego de implantar la filosofía se centraliza el proceso de mantenimiento, las líneas de color rojo demuestran el plan de acción frente a una falla de planta, y las líneas punteadas de azul denotan el proceso de mantenimiento basado en la filosofía del TPM

Figura 21. Diagrama de flujo - mantenimiento después de TPM



Fuente: Elaboración propia.

### **FASE 3: Implantación**

#### **Etapas 7. Mejora de la efectividad**

El objetivo principal de esta etapa es eliminar las seis grandes pérdidas, aplicando mejoras significativas a las principales causas detectadas en el AMFE (Análisis Modal de Fallas y Efectos) con la finalidad de obtener rendimiento operacional mejorando los costos de operación.

#### **Etapas 8. Implantación del mantenimiento planificado**

Esta aplicación es la más importante, pues es el área de mantenimiento especializado quien ejecuta los planes de mantenimiento de planta. Esta etapa cuenta con seis niveles en las cuales se implantó cinco niveles.

Cabe resaltar que también se contó con capacitación externa, por encargo de representantes de la maquinaria y artículos en general.

- 8.1 Análisis y conocimiento de la condición actual del equipo; pues se recopiló el reporte de averías y alarmas de la base de datos del software de la planta, bitácoras de producción, fallos comunes de la planta y condiciones actuales de trabajo.
- 8.2 Búsqueda y reconducción del equipo hacia su estado ideal; nivel en la cual ya se estaba programando mejoras de la planta, debido a las deficiencias del proceso, para ello se analizó la problemática de la planta mediante el Ishikawa, 5 Why; posteriormente se aplicó la herramienta AMFE (Análisis Modal de Fallas y Efectos). Se aplicó el mantenimiento correctivo para mejorar las deficiencias de la planta.
- 8.3 Establecimiento de un sistema de control de la información; se tiene datos, puntos de suministro, repuestos y partidas de presupuesto para cada equipo, un apoyo a ello son los archivos en físico y virtual de los planos de planta y máquina. Ver anexo 12.
- 8.4 Establecimiento de un sistema de mantenimiento sistemático; en ella se elaboró los diversos planes de mantenimiento preventivo, correctivo, planes de lubricación. Ver anexo 13.
- 8.5 Establecimiento del mantenimiento predictivo; este nivel no se implementó pues implica una partida que posteriormente se evaluara, de acuerdo a los resultados obtenidos después de aplicar el TPM.

8.6 Evaluación del mantenimiento planificado, el área de mantenimiento es el responsable de incentivar promover una cultura de mantenimiento en todas las áreas de la organización.

### **Etapla 9. Desarrollo de un Programa de Mantenimiento Autónomo.**

Esta etapa cuenta con siete niveles, la cual se implementó con éxito debido que el operador es altamente capacitado y con experiencia en plantas similares.

Inicialmente se emitió una charla general de engrasado y manejo de equipo, posteriormente se realizó prácticamente con apoyo del mecánico de planta, se limpia el exceso de grasa con una franela o guaípe. La lubricación se hace semanalmente con una bomba de engrase.

#### **9.1 Limpieza inicial**

Para la limpieza de las máquinas, el área de producción en coordinación con el área de mantenimiento realizó un procedimiento, actividad que está a cargo de los operadores, también hacen una inspección de las mismas, ello permite observar y registrar las condiciones del equipo. Ver anexo 09.

#### **9.2 Eliminación de focos de suciedad**

También se realizó el mapa de limpieza y fuentes de contaminación de la planta, entre estas se tiene una contaminación grasa y asfalto líquido y eliminación de focos de suciedad y zonas no accesibles; el operador detecta el problema, conoce procedimientos y propone mejoras de la máquina.

#### **9.3 Establecimiento de estándares**

Establecimiento de estándares e inspección general; los operadores de planta (02) cuentan con formación técnica acreditada en plantas industriales, por ello conocen cada componente de la máquina.

Los diferentes puntos de limpieza, lubricación e inspección de los equipos fueron obtenidos de manuales y de la experiencia de los operadores, el formato de plan de lubricación realizó en conjunto con el área de mantenimiento. Ver anexo 10.

#### **9.4 Inspección general**

Con el apoyo del área de mantenimiento especializado se elabora formatos de inspección de equipos previos al arranque, y condiciones de trabajo, dicho registro debe ser estrictamente objetivo. Ver anexo 11.

#### **9.5 Inspección autónoma**

Inspección autónoma, organización y orden; los operadores conocen el proceso de la mezcla asfáltica, pueden regular y calibrar el proceso.

#### **9.6 Organización y orden**

Se aplica de manera inherente las 2 s, que van ligados al TPM, para ello se identifica los elementos necesarios para el proceso y se ordena de acuerdo a la importancia.

#### **9.7 Gestión autónoma completa**

Gestión autónoma completa, el operador puede reparar averías de la maquina en coordinación directa con personal de mantenimiento especializado.

Finalmente se realizó una auditoría del Mantenimiento Autónomo la misma que se realiza cada tres meses.

#### **Etapa 10: Formación de operarios y mantenimiento**

Se capacito al personal involucrado en el proceso antes y después de la aplicación del TPM, estas deben ser registradas y certificadas pues elevan la capacidad de respuesta ante un evento en la planta.

#### **Etapa 11: Gestión temprana de equipos**

Las mejoras aplicadas en el TPM fueron significativas en términos de ahorro en costes y calidad.

### **FASE 4: Consolidación**

#### **Etapa 12: Consolidación del TPM y evaluación de los objetivos**

Se elaboraron formatos de evaluación y auditorías a las áreas y procesos implicados en la organización.

#### **2.7.4 Resultados de la investigación de la descripción de la empresa**

El gerente de equipos convocó a una reunión extraordinaria con los responsables directos de la planta, en ella se eligió un grupo de mejora conformado por jefe de planta, supervisor de producción, electricista 1, mecánico 1, dos operadores de planta y un representante del área de Calidad, en ella se analizaron la data recopilada de las diferentes fuentes detalladas en el cuadro anterior.



En la reunión se recopiló los diferentes puntos de vista de los participantes, una vez culminada la reunión el Gerente de Equipos, siendo el moderador emite un resultado final detallando los problemas de las áreas evaluadas.

Figura 22. Evaluación de problemas en Brainstorming

ANALISIS FALLAS / AREAS	J. PLANTA	SUP. PRODUC.	ELEC 1	MEC 1	OPER 1	OPER. 2	CALIDAD	HERRAMIENTAS
Fallas de pesaje - balanza	X	X	X	X	X	X	X	Software Telltronik
Mallas Drum	X	X	X	X	X	X	X	Bitacoras de produccion
Sistema de aceite termico	X	X	-	X	X	X	-	Bitacoras de produccion
Sensores defecutosos	X	X	X	X	X	X	X	Software Telltronik
Paradas por falta de materia prima	X	X	X	X	X	X	X	Software Telltronik
Falta de procedimientos	X	X	X	X	-	-	-	Bitacoras de produccion
Pistones defecutosos	X	X	-	-	X	X	X	Software Telltronik
Chumacera defectuosa	X	X	X	X	X	X	X	Bitacoras de produccion
PRODUCCION								TOTAL 49
Equipos defectuosos	-	X	-	-	-	-	X	Parada de equipos
Produccion rechazada	X	X	X	X	X	X	X	Pruebas ASTM
Falta de calibracion	X	X	-	-	-	-	X	Certificados vencidos
CALIDAD								TOTAL 12
Falta de capacitacion	X	X	-	-	X	X	-	-----
Falta de plan de lubricacion	X	X	X	X	X	X	-	-----
Falta de plan de mantenimiento	X	X	X	X	X	X	-	-----
MANTENIMIENTO								TOTAL 16
Grupo Modasa 650 KVA	X	X	X	X	X	X	X	Parte diario equipos
Grupo Olympian 55 KVA	-	-	-	-	-	-	-	Parte diario equipos
Excesivo costo de mantenimiento	X	X	X	X	X	X	X	Valorizaciones
EQUIPOS								TOTAL 14
Excesivo consumo de combustible	X	X	X	X	X	X	X	Parte diario equipos
Agregados de mala calidad	X	X	X	X	X	X	X	Pruebas de granulometria
Falta de Pen	X	X	X	X	X	X	X	Control de ingreso cisternas
MATERIA PRIMA								TOTAL 21
Clima laboral	-	-	-	-	-	-	-	Encuestas al personal
Falta de capacitacion	X	X	X	X	X	X	X	Encuestas al personal
RECURSOS HUMANOS								TOTAL 7

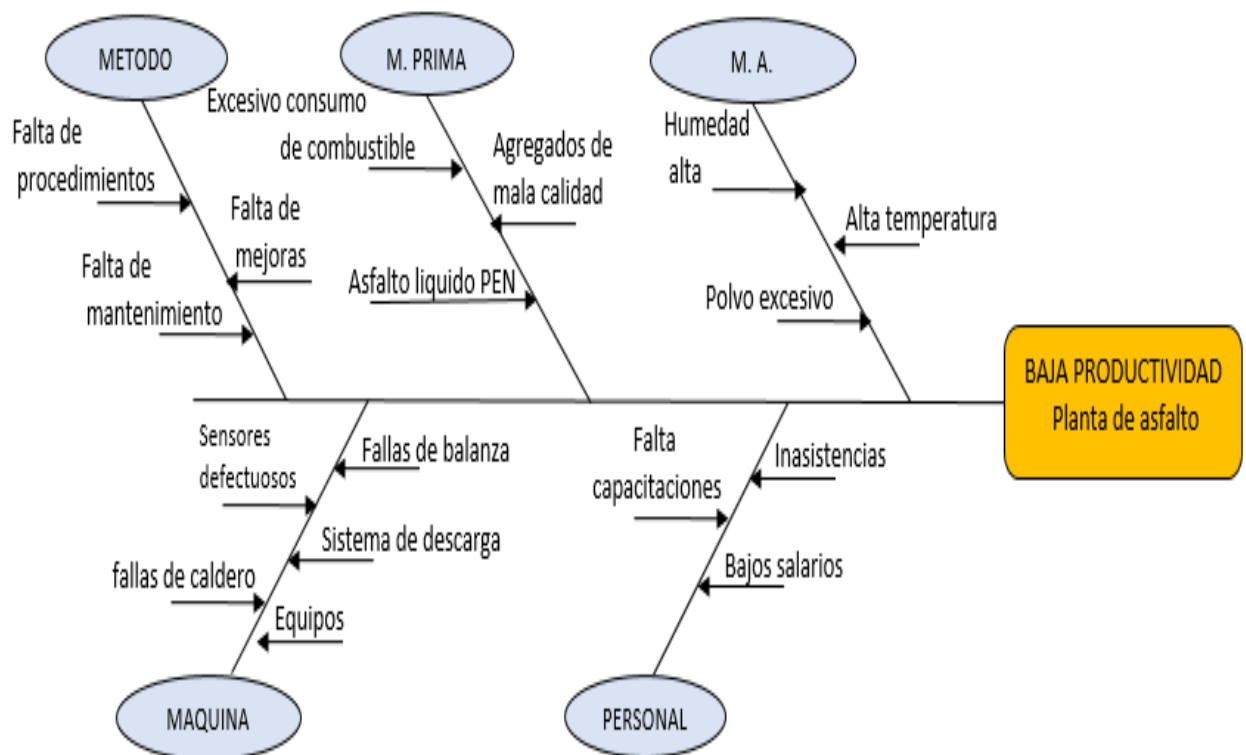
Fuente: Elaboración propia.

En la reunión se recopiló los diferentes puntos de vista de los participantes, una vez culminada la reunión el gerente, siendo el moderador emite un resultado final detallando los problemas de las áreas evaluadas.

El grafico demuestra que las principales áreas a mejorar son producción con un 41%, recepción de materia prima 18%, en ellas también se resalta el área de mantenimiento con 13%.

En una siguiente reunión convocada por el gerente de equipos se discuten los problemas referentes al mayor porcentaje de problemas, se recopila información y se realiza el diagrama Ishikawa considerando los principales 5 M, (maquinarias, mano de obra, método, medio ambiente, materiales).

Figura 23. Análisis Ishikawa 5 M



Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama de Ishikawa se detecta las principales causas que ocasiona la baja productividad, ello es analizado con los datos referentes, y se obtiene una puntuación para su análisis del diagrama Pareto. <sup>50</sup>

Ponderación de causas de baja productividad, se considerara la siguiente tabla.

<sup>50</sup> Diagrama de Pareto, una de las 7 herramientas de la calidad, atribuida al italiano Wilfredo Pareto quien distinguió los pocos triviales y los no triviales.

Tabla 1. Ponderación de la influencia sobre la planta<sup>51</sup>

Ponderación	Influencia
5	Sobre todo
4	Importante
2	Relativo
1	Solo el equipo

Fuente: Boero, 2012.

En la siguiente tabla se muestra los puntajes asignados para cada problema según los criterios del grupo de mejora, para ello se consideran el nivel ponderación asignada en el cuadro anterior.

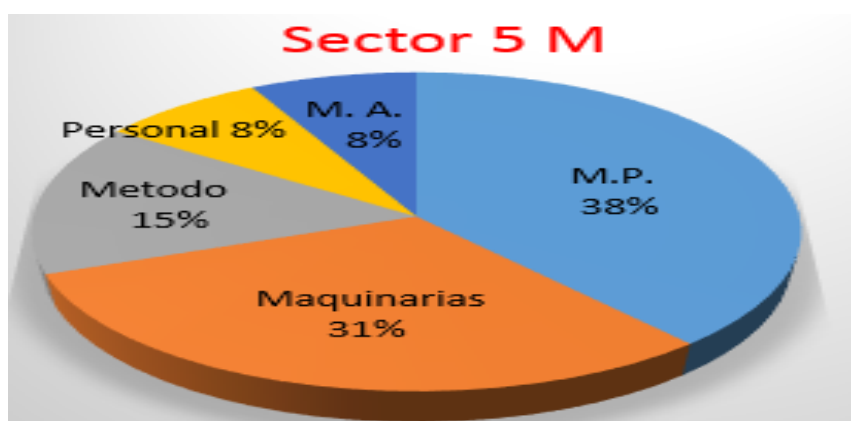
Tabla 2. Ponderación de la influencia sobre la planta

5M	ELEC 1	MEC 1	JP	SUP	OPE 1	OPE 2	TOTAL	ACUMULADO
Materia prima	5	5	5	5	5	5	30	38%
Maquinaria	4	4	4	4	4	4	24	69%
Método	2	2	2	2	2	2	12	85%
Personal	1	1	1	1	1	1	6	92%
Medio Ambiente	1	1	1	1	1	1	6	100%

Fuente: Elaboración propia.

En gráfico de sectores se grafica la distribución porcentual de la problemática de las 5 M

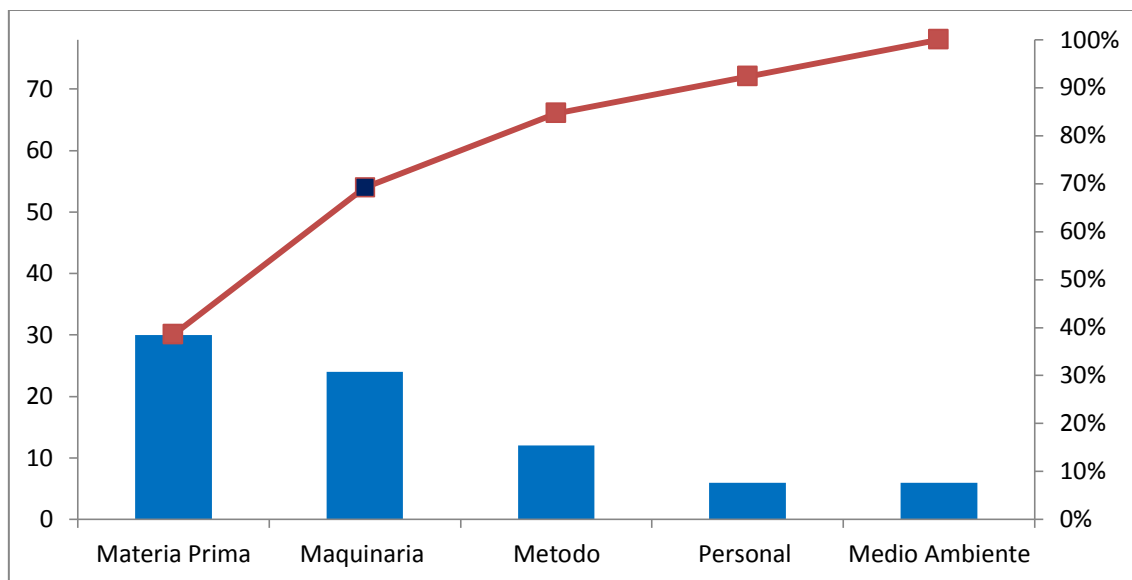
Figura 24. Ponderación de la influencia sobre la planta



Fuente: Elaboración propia.

<sup>51</sup> BOERO, Carlos. Mantenimiento industrial. Córdoba: Editorial Científica Universitaria, 2012. 106 pp.

Figura 25. Grafica de distribución Pareto 80 – 20.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico nos demuestra solo el 20% de las fallas (materia prima y maquinaria) ocasionan el 80% los problemas de la planta y por lo tanto se necesita solucionar.

### 2.7.5 Análisis de la productividad de planta de asfalto

**Los 5 Why<sup>52</sup> o 5 ¿Por qué?** es una técnica para realizar preguntas repetitivas las cuales se aplican para descubrir las posibles causas usadas para explorar las relaciones de causa y efecto subyacentes a un problema particular.

---

<sup>52</sup> La técnica fue originalmente por Sakichi Toyoda (en inglés) y fue usada dentro de Toyota Motor Corporation durante la evolución de sus metodologías de fabricación.

Figura 26. Análisis de los 5 porqués

5 WHY	Causas	Combustible	PEN	Agregados
¿Que?	¿Cual es el problema?	Excesivo consumo de combustible y perdida de energia	Falta de asfalto liquido RC 500	Mala calidad de agregados
¿Quién?	¿Quién interviene en el problema?	El grupo electrogeno Modasa 650 KVA	Retrasos en el abastecimiento	No hay adecuado control de calidad
¿Dónde?	¿Dónde se manifiesta el problema?	Suministro electrico de planta	Proceso	Proceso
Cuando?	¿En que momento y por cuanto tiempo?	Durante 02 turnos, 14 horas en promedio	Esporadicamente	Esporadicamente
¿Cómo?	¿Cual es la importancia del problema?	Deterioro prematuro de equipo y elevado gasto de mantenimiento	Parada de planta por falta de asfalto liquido RC 500	Fallas en la maquina por suciedad de helicoidales
¿Por qué?	¿Por qué ocurre el problema?	La planta solo tiene un grupo electrogeno	Solo se tiene un proveedor de asfalto modificado	Falta de supervision
Nivel de influencia del problema sobre el resto de planta		5	2	1

Fuente: Elaboración propia.

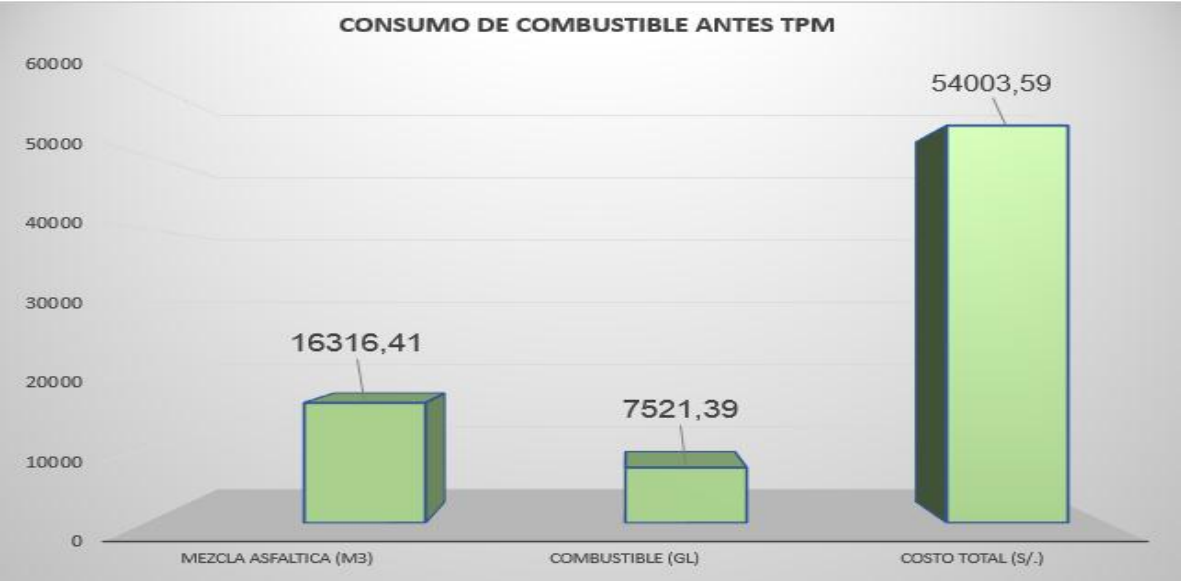
En el grupo de mejora se analizaron las problemáticas del factor materia prima mediante la técnica de los 5 porqués, luego se asigna una ponderación, la cual implica proponer alternativas de solución para disminuir el consumo de combustible. La toma de datos del consumo de combustible se obtiene de las hojas de reporte diario, que es un sistema de control de consumo de combustible, horómetros, fallas, y frente de trabajo.

Datos relacionados al consumo energético primario (quema de petróleo), debido a que inicialmente se contaba con un grupo electrógeno de 650 KVA<sup>53</sup> la cual suministraba a la planta en una jornada promedio de 16 horas. Luego del mantenimiento correctivo aplicado durante el TPM se adquirió un grupo de 65 KVA para cubrir la demanda de energía en el turno día.

<sup>53</sup> KVA, abreviatura que significa Kilo Voltio Ampere.

En la siguiente figura representa el consumo de combustible antes de la mejora, donde solo se trabajaba con el grupo electrógeno principal un promedio de 16 horas diarias

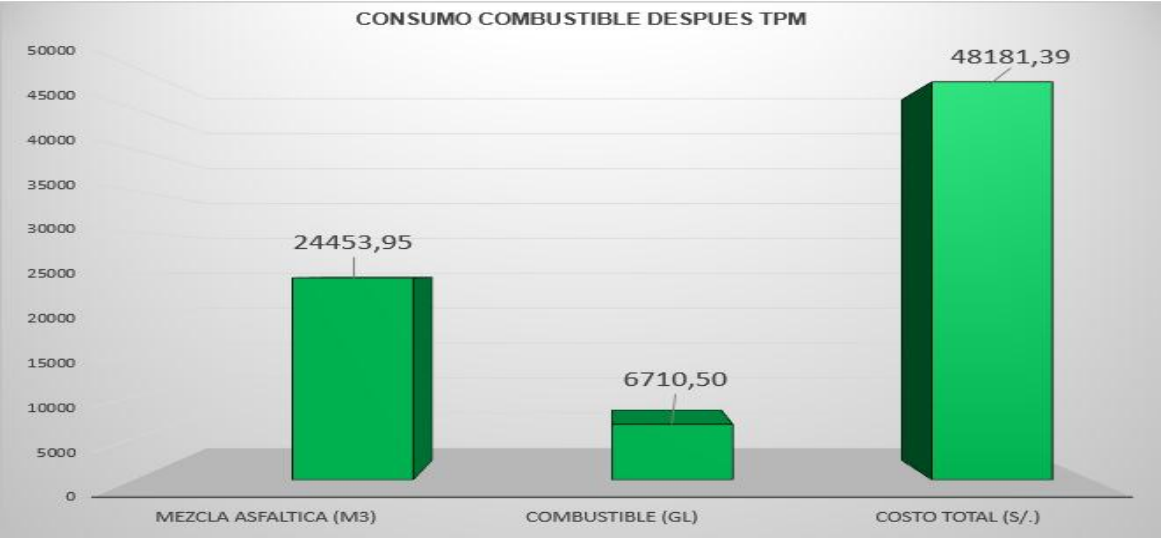
Figura 27. Consumo de combustible antes de TPM.



Fuente: Elaboración propia.

Asimismo la siguiente figura representa el consumo de combustible luego de aplicar el TPM, en se trabaja con el grupo electrógeno auxiliar en horas de no producción de asfalto.

Figura 28. Consumo de combustible después de TPM.



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se aprecia el grupo de Modasa que inicialmente funcionaba en promedio 16 horas diarias, utilizando solo el 1.7% de su capacidad nominal en el turno día, y en horas de producción el 57%, ello generaba grandes consumos de combustible, excesivo mantenimiento de grupo electrógeno y reducción de la vida útil del equipo.

Figura 29. Grupos electrógenos antes y después de TPM.



Fuente: Datos empresa.

Durante la aplicación del TPM se adquirió un grupo auxiliar de 65 KVA, para su uso en turno día consumiendo el 17.1 % de su capacidad nominal, ello genera un ahorro significativo en el costo de mantenimiento y garantiza la vida útil del grupo electrógeno de mayor capacidad.

El siguiente cuadro demuestra el ahorro obtenido al aplicar la mejora y optimiza el uso de la energía.

Tabla 3. Ahorro obtenido.

PRODUCTIVIDAD	Antes TPM	Después TPM
Mezcla asfáltica (m3)	16316,41	24453,95
Consumo Diésel	7521,39	6710,50
Costo diésel/ gln	7,18	7,18
Total gastos combustible	54003,59	48181,38789
Ahorro obtenido	S/.	5822,20

Fuente: Datos empresa.

### 2.7.6 Análisis de la eficacia de planta de asfalto

Las constantes paradas en plena producción antes de la decisión de aplicar el TPM, reducían considerablemente al cumplimiento de las metas propuestas de producción generando pérdidas de hora hombre, costos de producción, merma, etcétera. En el siguiente cuadro se detalla la frecuencia de las principales paradas, categorizándolo por su tipo, ELEC, si es eléctrico, MEC cuando se trata de una falla mecánica y el nivel de criticidad. Critico implica parada de planta, No critico, que indica que la planta no está trabajando en condiciones normales.

Tabla 4. Paradas de produccion antes TPM 2015

EVENUTO	FRECUENCIA	NIVEL	TIPO
Fallas de balanza filler	10	Critico	ELEC
Fallas de balanza PEN	8	Critico	ELEC
Falta de materia prima	8	Critico	MEC
Falla de quemador principal	2	Critico	ELEC
falla de motor helicoidal	6	Critico	MEC
Falla pistones neumatico	8	No critico	MEC
Fallas de malla 3/4 Drum	4	Critico	MEC
Falla de sensor inductivo	8	No critico	ELEC
Falla de motor exhaustor	4	Critico	MEC
TOTAL PARADAS	58		

Fuente: Datos empresa.

El software de operación, monitoreo y control, tambien registra y emite un reporte de fallas y alarmas, las cuales sirvieron como punto de referencia para analizar las principales fallas y anomalias de los equipos y del proceso.

Tabla 5 Paradas de produccion despues TPM 2016

EVENUTO	FRECUENCIA	NIVEL	TIPO
Fallas de balanza filler	0	Critico	ELEC
Fallas de balanza PEN	2	Critico	ELEC
Falta de materia prima	1	Critico	MEC
Falla de quemador principal	4	Critico	ELEC
Falla de motor helicoidal	1	Critico	MEC
Falla pistones neumatico	0	No critico	MEC
Fallas de malla 3/4 Drum	0	Critico	MEC
Falla de sensor inductivo	0	No critico	ELEC
Falla de motor exhaustor	0	Critico	MEC
TOTAL PARADAS	8		

Fuente: Datos empresa.

Se considera el indicador Rpp (reducción del número de paradas de producción por mantenimiento) cuyo autor Cuatrecasas, (2010)



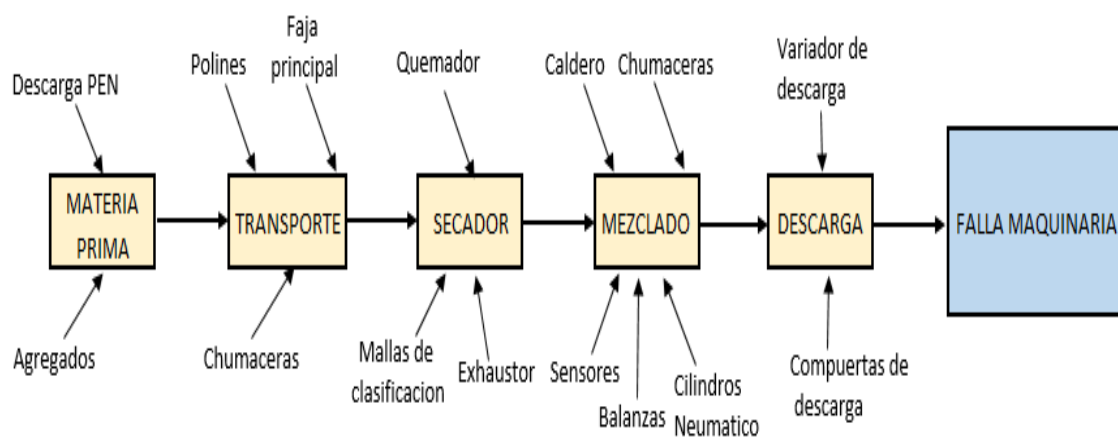
Tabla 6. Indicador de reducción parada de producción

Indicador	PPI	PPA
Rpp	58	8
I Rpp	7.25	

Fuente: datos empresa.

Para un mejor análisis de la problemática se utilizó la herramienta del diagrama de Ishikawa por método de fases del proceso, pues el fenómeno a estudiar corresponde a un ciclo con fases bien definidas y separadas.

Figura 30. Diagrama Ishikawa por fases del proceso.



Fuente: Elaboración propia.

#### 2.7.6.1 AMFE de medios:

Es una herramienta esencial en el análisis y prevención de fallos en los medios de producción en los medios de producción que se emplean para obtener el producto o servicio, asegurando una adecuada disponibilidad y mantenibilidad.<sup>54</sup>

Índice de Prioridad de Riesgo:  $IPR = F \times G \times D$

<sup>54</sup> CUATRECASAS, Luis. Gestión Integral de la Calidad, Implantación, Control y Certificación. Barcelona: Profit Editorial, 2010. 380p. ISBN 9788496998520

Con el objetivo de priorizar los fallos para llevar a cabo una acción correctora, de forma que tenga en cuenta la probabilidad de que se produzca el fallo, su gravedad y la posibilidad que no sea detectado.

Coeficiente de frecuencia (F), es la probabilidad de ocurrencia de un modo de fallo, estas varian de con respecto al tiempo.

Tabla 7. Coeficientes de frecuencia AMFE medios

Frecuencia	Observacion	Frecuencia
1	Muy baja	< 1 fallo por trimestre
2	Posible	< 1 fallo por trimestre
3	Media	< 1 fallo por trimestre
4	Alta o frecuente	1 a 3 fallos diarios

Fuente: Cuatrecasas, 2010

Coeficiente de gravedad (G), es una valoracion de perjuicio ocasionado al cliente por unica y exclusivamente, el efecto de fallo.

Tabla 8. Coeficientes de gravedad AMFE medios

Gravedad	Observacion	Parada de produccion
1	Muy baja	< 1 minuto
2	Media	1 a 20 minutos
3	Alta o critica	20 a 60 minutos
4	Catastrofica	> 60 minutos

Fuente: Cuatrecasas, 2010.

Coeficiente de deteccion (D), se refiere a la probabilidad de que la causa o modos de fallo, sea reconocida en el menor tiempo posible.

Tabla 9. Coeficientes de deteccion AMFE medios

No deteccion	Observacion
1	Escasa posibilidad de no deteccion
2	Poca probabilidad
3	Media probabilidad
4	Alta probabilidad

Fuente: Cuatrecasas, 2010

Figura 31. AMFE medios – antes tpm

A.M.F.E. de: <input checked="" type="checkbox"/> DISEÑO DE PRODUCTO <input type="checkbox"/> DISEÑO DE COMPONENTE <input type="checkbox"/> PROCESO <input type="checkbox"/> SISTEMA <input checked="" type="checkbox"/>															
<b>ABC</b>															
Descripción: Proceso de elaboración de mezcla asfáltica										TPM : Planta de asfalto Cajamarquilla					
Responsable: Coordinador TPM										Fecha: 02/01/16					
Equipos de desarrollo: Mantenimiento, producción, jefatura										Hoja: 2					
										Rev.: TPM-001-2016					
PROCESO	ANÁLISIS DE FALLOS			PREVISIONES DE CONTROL	Coeficientes			NPR= FxGxD	Acciones correctoras	Plazo	Responsable	Coeficientes			NPR= FxGxD
	MODO	EFFECTO	CAUSAS		F	G	D					F	G	D	
Materia prima	Sistema de descarga de PEN deficiente	Parada de producción	Tanque pequeño de descarga 1.5 m3	DAP del proceso	4	4	1	16	Mantenimiento correctivo	30 días	Jefe de planta	1	1	1	1
	Agregados contaminados	paradas cortas de producción	falta de control de calidad del	Supervisión	3	3	1	9	inspección de control de calidad	7 días	Calidad	1	2	1	2
Transporte	Faja principal	paradas breves	desalineamiento	Inspección	1	2	1	2	check list	7 días	MEC 1	1	1	1	1
	Polines oxidados	paradas breves	falta de lubricación	Inspección	1	2	1	2	plan de lubricación	30 días	MEC 1	1	1	2	2
	Chumaceras	deterioro de ejes	falta de lubricación	Inspección	1	4	1	4	plan de lubricación	30 días	MEC 1	1	1	2	2
Secador - DRUM	Quemador principal	paro de producción	Electrónicas	Detección	3	4	4	48	mantto planificado	30 días	ELEC 1	2	2	3	12
	Mallas de clasificación	fallas de control de calidad	mallas rotas por alta temperatura	Inspección	1	4	2	8	check list, mantto autonomo	30 días	OPE 1, MEC 1	1	1	1	1
	Motor exhaustor	paradas breves	fajas defectuosas	Inspección	1	4	1	4	check list	15 días	MEC 1	2	1	1	2
Mezclador	Caldero aceite termico	Parada de producción	sensor UV, falta de aceite termico	Detección	3	4	3	36	mantto planificado y autonomo	30 días	ELEC 1	1	2	3	6
	Balanza	fallas de calidad	Suciedad	Inspección	1	4	4	16	mantto preventivo	30 días	ELEC 1	1	4	4	16
	Chumaceras	deterioro de ejes	falta de lubricación	Inspección	1	4	1	4	plan de lubricación	30 días	MEC 1	1	1	2	2
	Sensores inductivos	fallas de proceso	base defectuosa	Inspección	4	3	2	24	mantto correctivo	30 días	ELEC 1	1	1	1	1
Descarga	Cilindros neumaticos	paradas breves	lubricación	Inspección	3	3	1	9	plan de lubricación	30 días	MEC 1	1	2	2	4
	Variador de descarga	paro de producción	electrónicas	Detección	2	4	4	32	mantto preventivo	30 días	ELEC 1	2	3	3	18
	Compuerta de descarga	paradas breves de producción	lubricación y limpieza	Inspección	1	4	1	4	plan de lubricación, mantto autonomo	30 días	MEC 1	2	1	1	2
NOTAS:															
_____ V.B GERENTE					_____ V.B. JEFE PLANTA					_____ V.B. COORDINADOR TPM					

Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. AMFE medios – despues tpm

A.M.F.E. de: <input checked="" type="checkbox"/> DISEÑO DE PRODUCTO <input type="checkbox"/> DISEÑO DE COMPONENTE <input type="checkbox"/> PROCESO <input type="checkbox"/> SISTEMA <input checked="" type="checkbox"/>														<b>ABC</b>			
Descripcion: Proceso de elaboracion de mezcla asfaltica														TPM : Planta de asfalto Cajamarquilla			
Responsable: Coordinador TPM														Fecha: 31/05/16			
Equipos de desarrollo: Mantenimiento, produccion, jefatura														Hoja: 8			
														Rev.: TPM-001-2016			
PROCESO	ANALISIS DE FALLOS			PREVISIONES DE CONTROL	Coeficientes			NPR= FxGxD	Acciones correctoras	Plazo	Responsable	Coeficientes			NPR= FxGxD		
	MODO	EFFECTO	CAUSAS		F	G	D					F	G	D			
Materia prima	Sistema de descarga de PEN deficiente	Parada de produccion	Tanque pequeño de descarga 1.5 m3	Check list	1	2	1	2	Seguimiento	-	Calderista	-	-	-	-		
	Agregados contaminados	paradas cortas de produccion	falta de control de calidad del	Supervision	1	3	1	3	Seguimiento	-	Autonomo	-	-	-	-		
Transporte	Faja principal	paradas breves	desalineamiento	Check list	1	2	1	2	Seguimiento	-	MEC 1	-	-	-	-		
	Polines oxidados	paradas breves	falta de lubricacion	Inspeccion	1	2	1	2	Seguimiento	-	Autonomo	-	-	-	-		
	Chumaceras	deterioro de ejes	falta de lubricacion	Inspeccion	1	4	1	4	Seguimiento	-	Autonomo	-	-	-	-		
Secador - DRUM	Quemador principal	paro de produccion	Electronicas	mantto preventivo	1	3	4	12	mantto predictivo	6 meses	ELEC 1	2	2	3	12		
	Mallas de clasificacion	fallas de control de calidad	mallas rotas por alta temperatura	Inspeccion	1	1	1	1	Seguimiento	-	Autonomo	-	-	-	-		
	Motor exhaustor	paradas breves	fajas defectuosas	Check list	1	3	1	3	Seguimiento	-	Autonomo	-	-	-	-		
Mezclador	Caldero aceite termico	Parada de produccion	sensor UV, falta de aceite termico	Check list	1	2	3	6	Seguimiento	-	Calderista	-	-	-	-		
	Balanza	fallas de calidad	Suciedad	Check list	1	3	4	12	Seguimiento	-	ELEC 1	-	-	-	-		
	Chumaceras	deterioro de ejes	falta de lubricacion	Check list	1	3	1	3	Seguimiento	-	MEC 1	-	-	-	-		
	Sensores inductivos	fallas de proceso	base defectuosa	Check list	1	2	2	4	Seguimiento	-	ELEC 1	-	-	-	-		
	Cilindros neumaticos	paradas breves	lubricacion	Inspeccion	1	3	1	3	Seguimiento	-	Autonomo	-	-	-	-		
Descarga	Variador de descarga	paro de produccion	electronicas	Deteccion	2	4	4	32	mantto predictivo	6 meses	ELEC 1	2	3	3	18		
	Compuerta de descarga	paradas breves de produccion	lubricacion y limpieza	Check list	1	3	1	3	Seguimiento	-	Autonomo	-	-	-	-		
NOTAS:																	
_____ V.B GERENTE						_____ V.B. JEFE PLANTA						_____ V.B. COORDINADOR TPM					

Fuente: Elaboración propia.

### 2.7.7 Análisis de la eficiencia de planta

Se analizaron los tiempos en el diagrama de actividades del proceso (DAP), identificando cuellos de botella que afectan al proceso las cuales trae consigo perdida de horas hombre productivo, reflejado en la falta de personal para actividades paralelas al proceso, tales como limpieza del filler (polvillo), etcétera, luego se aplicaron mejoras al proceso detallados en los anexos, las cuales influyeron de manera considerable en el aumento la producción reduciendo las mermas de insumos utilizados

DAP inicial donde se detalló los tiempos del proceso, ello conllevó al identificar el cuello de botella, tomándose acciones correctivas siguiendo la filosofía TPM. El proceso de descarga de asfalto liquido tenia deficiencias por contar con un tanque con capacidad de 750 lt, lo cual tomaba mucho tiempo para su descarga, dicha actividad también presentaba un alto riesgo a la salud del operador por la presencia de gases tóxicos y la alta temperatura.

DAP después del TPM, presenta los tiempos actuales e incluye las mejoras al aplicar el TPM, donde se resume en un tiempo ganado de 45 min, lo cual permite la disponibilidad de personal para otras actividades paralelas y un proceso más óptimo.

Figura 33. Descarga antes TPM.



Fuente: Datos empresa.

Figura 34. DAP antes de TPM 2016

Ubicación: Planta de Asfalto Cajamarquilla				RESUMEN						
Proceso: Elaboracion de mezcla asfaltica				Elemento		Presente	Propuesto	Ahorro		
Fecha: 12/12/2015				Operación		5	-	-		
Operador: Wilson Ojeda		Codigo: 2343422		Inspeccion		6	-	-		
Metodo: Presente		X		Propuesto		Transporte	5	-	-	
Tipo: Trabajador		Material		Maquina		Demora	1	-	-	
Comentarios:				Almacenamiento		2	-	-		
				Tiempo total (min)		156	-	-		
DESCRIPCION DEL PROCESO				○	□	⇒	D	▽	TIEMPO(s)	OBSERVACIONES
Arranque grupo electrogeno Modasa				●					120	
Arranque caldero sistema aceite termico				●					60	
Calentamiento de tuberias del PEN							●		2700	01 operario
Descarga de asfalto liquido				●					5400	02 operarios
Recirculacion de asfalto liquido					●				120	
Abastecimiento de tolvas - silos frios								●	300	
Arranque del proceso				●					180	
Transporte de agregados hacia Drum							●		90	
Precalentamiento de agregados Drum					●				60	
Clasificacion de agregados					●				90	
Pesaje de agregados hacia mezclador					●				20	
Pesaje del PEN					●				10	
Descarga hacia mezclador							●		2	
Mezclado de agregados y PEN					●				22	
Descarga de mezlca asfaltica caliente - carrito							●		2	
Transporte de mezcla caliente hacia silos storage							●		10	
Descarga de mezcla asfaltica caliente silos storage								●	15	
Retorno de carrito							●		10	
Despacho de mezcla asfaltica caliente				●					120	
Fin				●					1	
TIEMPO TOTAL				Segundos				9332		

Fuente: Datos empresa.

Figura 35. DAP despues de TPM 2016

Ubicación: Planta de Asfalto Cajamarquilla		RESUMEN							
Proceso: Elaboracion de mezcla asfaltica				Elemento	Presente	Antes	Ahorro		
Fecha: 12/05/2016				Operación	5	5	-		
Operador: Wilson Ojeda		Codigo: 2343422		Inspeccion	6	6	-		
Metodo: Presente	X	Propuesto		Transporte	5	5	-		
Tipo: Trabajador		Material	Maquina	Demora	1	1	-		
Comentarios:				Almacenamiento	2	2	-		
				Tiempo total (min)	111	156	45		
DESCRIPCION DEL PROCESO			○	□	⇒	D	▽	TIEMPO(s)	OBSERVACIONES
Arranque grupo electrogeno Caterpillar 65 KVA			●					120	
Arranque caldero sistema aceite termico			●					60	
Calentamiento de tuberias del PEN						●		2700	01 operario
Cambio de grupo electrogenos para produccion			●					180	INICIO PRODUCCION
Arranque grupo electrogeno Modasa 560 KVA			●					120	
Descarga de asfalto liquido			●					2400	01 operario
Recirculacion de asfalto liquido				●				120	
Abastecimiento de tolvas - silos frios							●	300	
Arranque del proceso			●					180	
Transporte de agregados hacia Drum						●		90	
Precalentamiento de agregados Drum				●				60	
Clasificacion de agregados				●				90	
Pesaje de agregados hacia mezclador				●				20	
Pesaje del PEN				●				10	
Descarga hacia mezclador						●		2	
Mezclado de agregados y PEN				●				22	
Descarga de mezlca asfaltica caliente - carrito						●		2	
Transporte de mezcla caliente hacia silos storage						●		10	
Descarga de mezcla asfaltica caliente silos storage							●	15	
Retorno de carrito						●		10	
Despacho de mezcla asfaltica caliente			●					120	
Fin			●					1	
TIEMPO TOTAL			Segundos				6632		

Fuente: Datos empresa.



### 2.7.8 Análisis costo beneficio de la implantación del TPM

La implementación de la filosofía TPM fue exitosa gracias a la colaboración del personal de planta y la decisión de la alta gerencia. El siguiente cuadro resume la inversión realizada en tres partidas que se detalla en los anexos 16. Cabe resaltar que la planta cuenta con un reducido personal en el área de operaciones, mantenimiento y administrativas (16 personas), ello justifica la poca inversión en las capacitaciones.

Tabla 10. Costo de la implantación del TPM

ITEM	PARTIDA: IMPLANTACION DEL TPM	TOTAL
1.0	Adquisición y montaje de grupo electrógeno auxiliar	46,568
2.0	Mejoras de planta	8,000
3.0	Capacitación e implantación de la filosofía	2,500
TOTAL S/.		57,068

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente cuadro se demuestra que el índice de productividad mejoro considerablemente en los resultados posteriores a la implantación del TPM, obteniendo un ahorro de S/. 5.822,20 nuevos soles en los tres primeros meses. Asimismo el cuadro demuestra el ahorro anual proyectado en los costos de mantenimiento del grupo electrógeno principal Modasa 650 KVA (que se detalla en el anexo 17)

Tabla 11. Rentabilidad obtenida del TPM

RENTABILIDAD OBTENIDA	ANTES TPM	DESPUES TPM	RENTABILIDAD ANUAL
Índice productividad	2,11	3,16	S/. 23,288.80
Costo total combustible S/.	54003,59	48181, 39	
Ahorro obtenido (primer trimestre)	S/.	5822,20	
O.T. de mantenimiento programado	19	10	S/. 35,640
Costo de mantenimiento - fabricante	3,960.00	3,960.00	
Costo de mantenimiento anual	75240	39600	
AHORRO PROYECTADO (nuevos soles/año)			S/. 58,928.80

Fuente: Elaboración propia.

El ahorro proyectado dado a un plazo anual asciende a S/. 58,928.80 nuevos soles, monto que justifica la inversión realizada para la implantación de la filosofía.

Los beneficios del mantenimiento productivo total (TPM) no solo se reflejan en los indicadores cuantitativos, otro aporte considerable se reflejan indirectamente en los indicadores cualitativos en la organización; es decir el programa influyo en la actitud de los colaboradores, se superó a la resistencia al cambio, el personal se encuentra más capacitado y motivado para realizar sus actividades.



### **III. RESULTADOS**

### 3.1 Resultados de análisis de datos

#### 3.1.1 Resultados de análisis descriptivo

Los datos a tomar en cuenta serán considerados el reporte de producción de las últimas 14 semanas pre y post de la aplicación del TPM, hemos de considerar que el compromiso de la gerencia, las ventajas de la tecnología y el factor humano hicieron posible la aplicación cumpliendo a cabalidad las actividades programadas.

##### a) Productividad: antes y después TPM

Datos relacionados al consumo energético primario (quema de petróleo), debido a que inicialmente se contaba con un grupo electrógeno de 650 KVA la cual suministraba a la planta en una jornada promedio de 16 horas. Luego del mantenimiento correctivo aplicado durante el TPM se adquirió un grupo de 65 KVA para cubrir la demanda de energía en el turno día.

Es la relacion del producto final logrado ( mezcla asfáltica en caliente en m3), con respecto al consumo de energia utilizada ( siendo esta el consumo de combustible expresado en galones).

Tabla 12. Productividad de planta antes TPM 2015.

ANTES TPM	Productos logrados	Energía Utilizada	Productividad
SEM 1	1185.78	542.50	2.19
SEM 2	953.19	482.32	1.98
SEM 3	1008.90	496.73	2.03
SEM 4	992.09	492.38	2.01
SEM 5	723.21	422.81	1.71
SEM 6	1567.17	641.19	2.44
SEM 7	1778.56	695.88	2.56
SEM 8	1556.72	638.48	2.44
SEM 9	1154.47	534.40	2.16
SEM 10	793.42	440.98	1.80
SEM 11	1687.50	672.32	2.51
SEM 12	1404.43	599.08	2.34
SEM 13	996.66	493.57	2.02
SEM 14	514.30	368.75	1.39
TOTAL	16316.41	7521.39	2.11

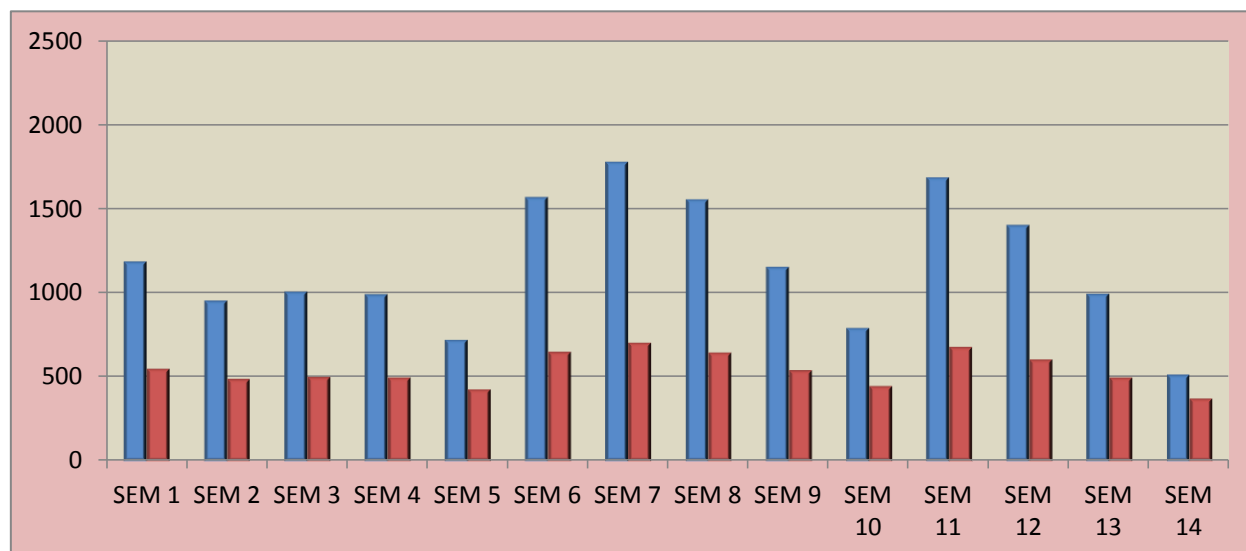
Fuente: Datos empresa.

Periodo considerado antes de aplicar el TPM, 14 semanas correspondientes de la primera semana de octubre hasta la ultima semana de diciembre 2015, con una produccion total de 16,316.41 m3 de asfalto caliente con un consumo total 7,

251.39 galones de combustible diesel industrial, con una productividad media de 2,11.

El grafico de barras demuestra la relacion produccion de mezcla asfaltica (m3) frente al consumo de combustible (galones), periodo considerado antes TPM.

Figura 36. Grafico de barras produccion de asfalto vs consumo de combustible antes TPM



Fuente: Datos empresa

La siguiente tabla corresponde a la produccion de asfalto (m3) vs consumo combustible despues del TPM 2016

Tabla 13. Productividad despues TPM 2016.

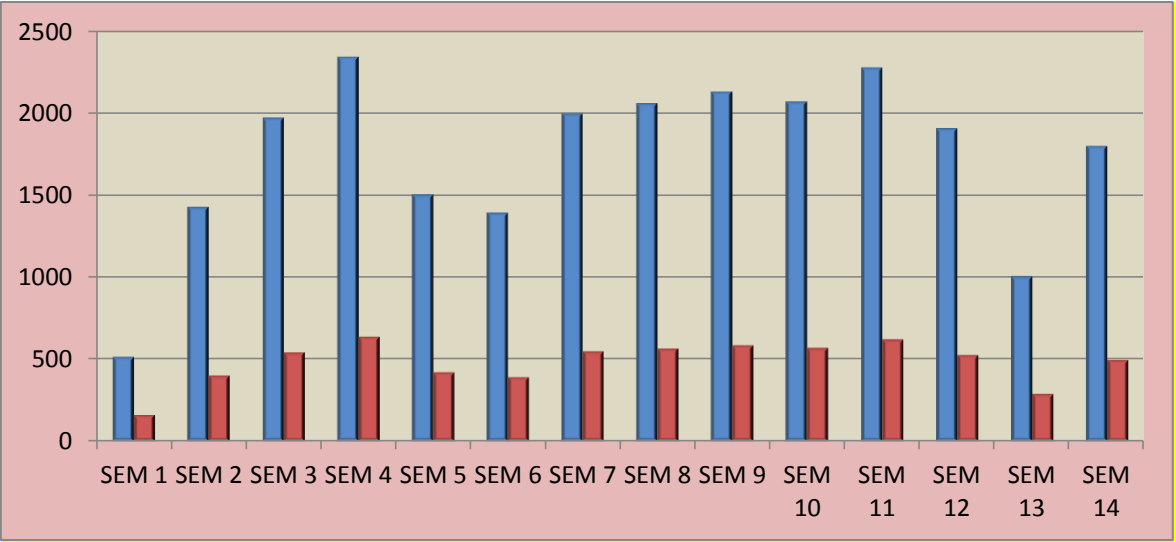
DESPUES TPM	Productos logrados	Energía Utilizada	Productividad
SEM 1	514.30	160.43	3.21
SEM 2	1433.32	398.23	3.60
SEM 3	1975.12	538.42	3.67
SEM 4	2347.57	634.79	3.70
SEM 5	1505.80	416.98	3.61
SEM 6	1394.78	388.26	3.59
SEM 7	2001.36	545.21	3.67
SEM 8	2065.58	561.83	3.68
SEM 9	2134.97	579.78	3.68
SEM 10	2073.84	563.96	3.68
SEM 11	2282.43	617.94	3.69
SEM 12	1912.67	522.26	3.66
SEM 13	1007.82	288.13	3.50
SEM 14	1804.40	494.25	3.65
TOTAL	24453.95	6710.50	3.61

Fuente: Datos empresa.

Periodo considerado despues de aplicar el TPM, 14 semanas correspondientes de la primera semana de marzo hasta la ultima semana de mayo 2016, con una produccion total de 24,453.95 m3 de asfalto caliente con un consumo total 6,710,50 galones de combustible diesel industrial, con una productividad media de 3,61.

El siguiente grafico de barras representa la evolucion de la produccion de mezcla asfaltica con relacion al consumo de combustible despues de implantar el TPM.

Figura 37. Grafico de barras produccion de asfalto vs consumo de combustible despues TPM



Fuente: Datos empresa.

La siguiente tabla resume el resultado estadistico descriptivo según el software Spss V 22, donde fueron procesados 14 datos antes y despues del TPM.

Tabla 14. Resultados estadísticos productividad antes de TPM

		Productividad antes de TPM	Productividad después de TPM
N	Válido	14	14
	Perdidos	0	0
Media		2.1129	3.6136
Error estándar de la media		.08950	.03420
Mediana		2.0950	3.6650
Moda		2.44	3.68
Desviación estándar		.33488	.12798
Varianza		.112	.016

Fuente: Datos empresa.

## b) Eficacia: antes y después TPM

El siguiente cuadro demuestra el índice de eficacia antes y después del TPM en la planta, data tomada de la base de datos del Software Telltronik V. 22, expresando los productos logrados ( toneladas de mezcla asfáltica en caliente, con respecto a la producción requerida en campo para su aplicación).

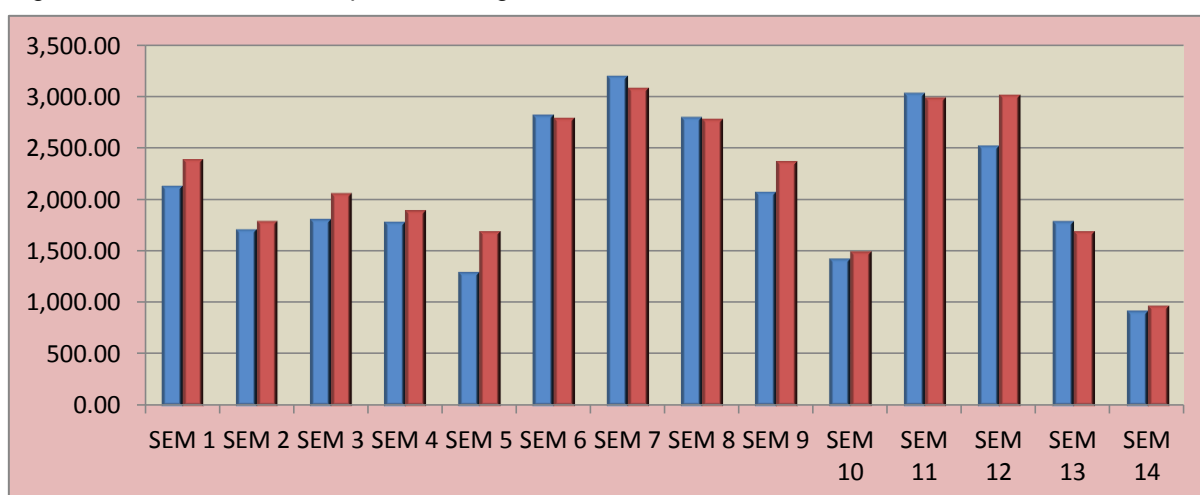
Tabla 15. Eficacia de planta antes TPM 2015

ANTES TPM	Productos logrados	Meta	Eficacia
SEM 1	2,134.40	2400	0.89
SEM 2	1,715.75	1800	0.95
SEM 3	1,816.03	2070	0.88
SEM 4	1,785.75	1900	0.94
SEM 5	1,301.78	1700	0.77
SEM 6	2,820.91	2800	1.01
SEM 7	3,201.42	3090	1.04
SEM 8	2,802.09	2790	1.00
SEM 9	2,078.05	2380	0.87
SEM 10	1,428.153	1500	0.95
SEM 11	3,037.503	3000	1.01
SEM 12	2,527.98	3024	0.84
SEM 13	1,793.99	1700	1.06
SEM 14	925.737	980	0.94
TOTAL	29369.54	31134.00	0.94

Fuente: Datos empresa.

Diagrama de barras producción de mezcla asfáltica (tn) frente a producción requerida en campo (meta) antes de aplicar el TPM 2015.

Figura 38. Grafico de barras productos logrados vs meta antes TPM 2015



Fuente: Datos empresa.

La siguiente tabla corresponde a la produccion de asfalto (tn) vs produccion requerida en campo (meta) despues de TPM 2016.

Tabla 16. Eficacia de planta despues de TPM 2016

DESPUES TPM	Productos logrados	Meta	Eficacia
SEM 1	925.74	900	1.03
SEM 2	2,579.98	2600	0.99
SEM 3	3,555.22	3600	0.99
SEM 4	4,225.63	4200	1.01
SEM 5	2,710.43	2700	1.00
SEM 6	2,510.61	2500	1.00
SEM 7	3,602.45	3304	1.09
SEM 8	3,718.04	3800	0.98
SEM 9	3,842.95	3600	1.07
SEM 10	3,732.90	3800	0.98
SEM 11	4,108.37	4000	1.03
SEM 12	3,442.80	3200	1.08
SEM 13	1,814.08	1800	1.01
SEM 14	3,247.91	3200	1.01
TOTAL	44017.11	43204.00	1.02

Fuente: Datos empresa.

Periodo considerado despues de aplicar el TPM, primera semana de marzo hasta la ultima semana de mayo 2016, con una produccion total de 44,017.11TN de asfalto caliente, donde al aplicar el TPM redujo considerablemente las paradas aumentando el indice de eficacia al 100% de las metas propuestas.

Figura 39. Grafico de barras productos logrados vs meta antes TPM 2015



Fuente: Datos empresa.

La siguiente tabla resume el resultado estadístico descriptivo según el software Spss V 22, donde fueron procesados 14 datos de índice de eficacia antes y después del TPM.

Tabla 17. Resultados estadísticos eficacia

		Eficacia antes de TPM	Eficacia después de TPM
N	Válido	14	14
	Perdidos	0	0
Media		0.9393	1.0193
Error estándar de la media		0.02198	0.00975
Mediana		0.945	1.01
Moda		,94 <sup>a</sup>	1.01
Desviación estándar		0.08223	0.03647
Varianza		0.007	0.001
a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.			

Fuente: Datos empresa

### c) Eficiencia: antes y después TPM

Se analizó la problemática mediante el AMFE de Medios, por la cual se disminuyó el índice de paradas de planta, asimismo se optimizó el proceso de descarga la cuales aumentaron la eficiencia de la planta y la reducción de merma de agregados.

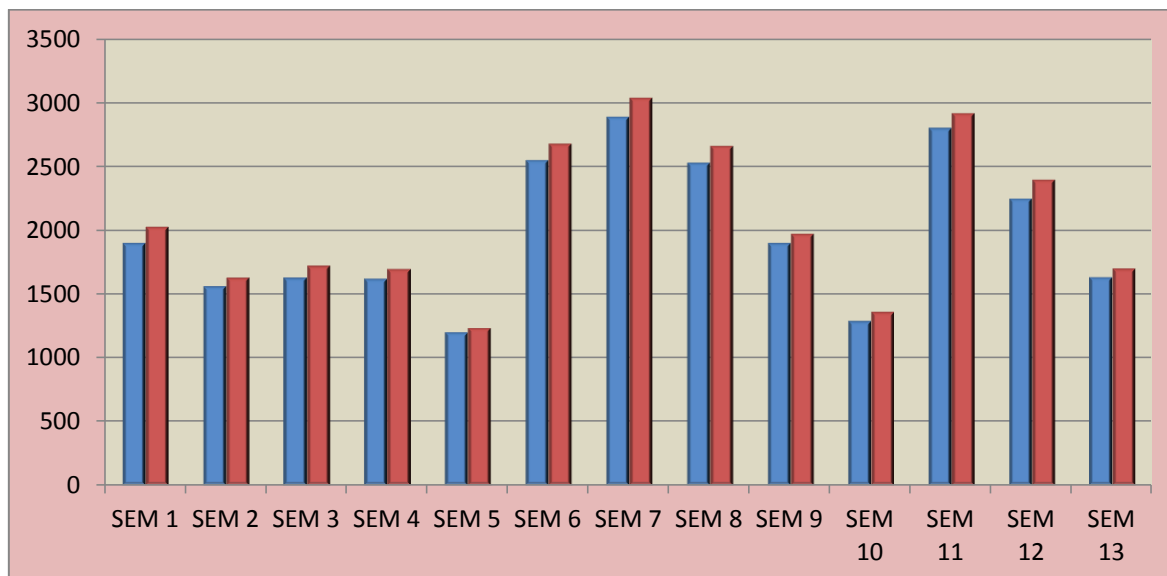
Tabla 18. Eficiencia de planta antes de TPM 2016

ANTES TPM	Insumos programados	Insumos utilizados	Eficiencia
SEM 1	1900	2025.17	0.94
SEM 2	1560.02	1628.49	0.96
SEM 3	1627.36	1721.64	0.95
SEM 4	1618.27	1694.88	0.95
SEM 5	1200	1235.55	0.97
SEM 6	2548.9	2676.89	0.95
SEM 7	2891.41	3038.57	0.95
SEM 8	2530.28	2659.93	0.95
SEM 9	1900	1972.34	0.96
SEM 10	1290	1359.04	0.95
SEM 11	2800	2914.49	0.96
SEM 12	2248.93	2397.09	0.94
SEM 13	1630	1700.91	0.96
SEM 14	850	878.53	0.97
TOTAL	26595.17	27903.52	0.95

Fuente: Datos empresa.

Periodo considerado antes de aplicar el TPM, donde se procesaron 27,903.52 TN de agregados, donde las constantes paradas de maquina y fallas del proceso ocasionaron que la maquina presente una eficiencia del 95%. Grafico de barras indice de eficiencia antes de TPM 2015.

Figura 40. Grafico de barras Insumos programados vs insumos utilizados antes TPM 2015



Fuente: Datos empresa.

La siguiente tabla corresponde al indice de eficiencia (insumos programados / insumos utilizados) de agregados, despues de TPM 2016.

Tabla 19. Eficiencia de planta despues de TPM 2016

DESPUES TPM	Insumos programados	Insumos utilizados	Eficiencia
SEM 1	870	878.53	0.99
SEM 2	2420	2448.71	0.99
SEM 3	3280	3374.39	0.97
SEM 4	3940	4010.65	0.98
SEM 5	2555	2572.6	0.99
SEM 6	2330	2382.91	0.98
SEM 7	3400	3419.2	0.99
SEM 8	3470	3534.87	0.98
SEM 9	3600	3647.49	0.99
SEM 10	3450	3543.01	0.97
SEM 11	3870	3899.42	0.99
SEM 12	3220	3267.65	0.99
SEM 13	1700	1721.8	0.99
SEM 14	3050	3082.11	0.99
TOTAL	41155.00	41783.34	0.99

Fuente: Datos empresa



Periodo considerado despues de aplicar el TPM, donde se procesaron 41,783.34 TN de agregados, donde la aplicación de las mejoras incrementaron el indice de eficiencia en 99%.

La siguiente grafico de barras representa el indice de eficiencia despues de la implantacion del TPM 2016, donde se optimizo la el proceso productivo debido a las mejoras realizadas

Figura 41. Grafico de barras Insumos programados vs insumos utilizados despues TPM 2016



Fuente: Datos empresa.

La siguiente tabla resume el resultado estadistico descriptivo según el software Spss V 22, donde fueron procesados 14 datos de indice de eficiencia antes y despues del TPM, obteniendose respectivamente el 95% y 99%

Tabla 20. Resultados estadísticos eficiencia

	Eficiencia antes de TPM	Eficiencia después de TPM
N	14	14
Válido		
Perdidos	0	0
Media	.9543	.9850
Error estándar de la media	.00251	.00203
Mediana	.9500	.9900
Moda	.95	.99
Desviación estándar	.00938	.00760
Varianza	.000	.000

Fuente: Datos empresa

## 3.2 Resultados de análisis inferencial

Luego de analizar los resultados descriptivos descritos en el capítulo anterior, se procederá a verificar los resultados de análisis inferencial por medio de la aplicación del Software SPSS V. 22 El siguiente grafico describe los datos procesados.

Figura 42. Datos procesados Software SPSS V. 22

	productividad_antesT PM	eficacia_antesTPM	eficiencia_antesT PM	productividad_despu esTPM	eficacia_despuT M	eficiencia_despu TPM	var	var	var	var	var	var
1	2,19	,89	,94	3,21	1,03	,99						
2	1,98	,95	,96	3,60	,99	,99						
3	2,03	,88	,95	3,67	,99	,97						
4	2,01	,94	,95	3,70	1,01	,98						
5	1,71	,77	,97	3,61	1,00	,99						
6	2,44	1,01	,95	3,59	1,00	,98						
7	2,56	1,04	,95	3,67	1,09	,99						
8	2,44	1,00	,95	3,68	,98	,98						
9	2,16	,87	,96	3,68	1,07	,99						
10	1,80	,95	,95	3,68	,98	,97						
11	2,51	1,01	,96	3,69	1,03	,99						
12	2,34	,84	,94	3,66	1,08	,99						
13	2,02	1,06	,96	3,50	1,01	,99						
14	1,39	,94	,97	3,65	1,01	,99						
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												

Fuente: Datos de la empresa

### 3.2.1 Pruebas de normalidad

#### 3.2.1.1 Productividad antes TPM 2015

##### a)- Planteamiento de hipótesis productividad antes TPM 2015

Ho: El índice de productividad antes del TPM no pertenece a una distribución normal.

H1: El índice de productividad antes del TPM si van a pertenecer a la distribución normal.

## b) Prueba de Frecuencias e Histograma productividad antes TPM 2015

Tabla 21. Frecuencias productividad antes TPM 2015

### Estadísticos

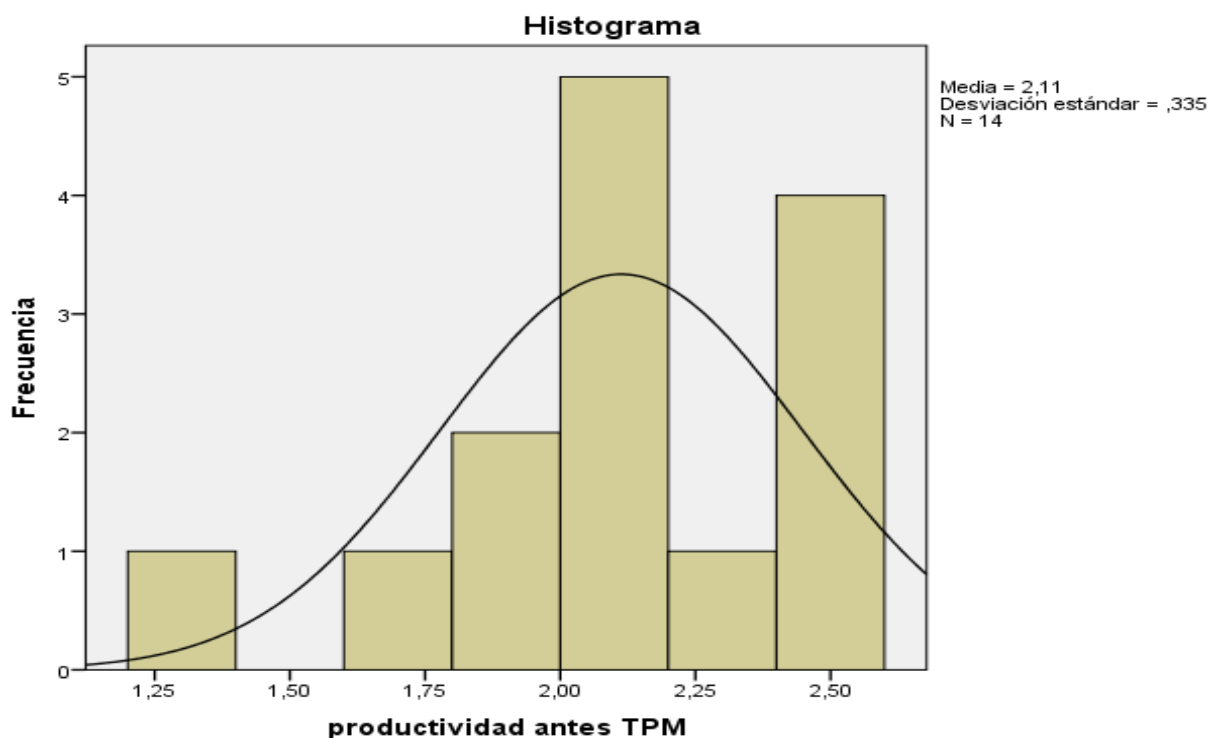
N	Válido	14
	Perdidos	0
Media		2.1129
Error estándar de la media		.08950
Mediana		2.0950
Moda		2.44
Desviación estándar		.33488
Varianza		.112

Fuente: Datos de empresa

El grafico describe que las muestras procesadas fueron 14, con una media de 2,1129 y el dato con mayor cantidad repetida (moda) es 2,44.

En el siguiente grafico nos demuestra la distribución normal de los datos procesados, donde detalla los espacios libres dentro de la campana de Gauss y los datos que esta fuera del mismo.

Figura 43. Histograma productividad antes TPM 2015



Fuente: Datos de empresa

### c) Prueba de Normalidad e Hipótesis – Productividad antes TPM 2015

La prueba de normalidad considerada es Shapiro-Wilk, debido que los datos son menores a 30, donde se obtiene que el grado de libertad (gl) es 14 con una significancia de 0.551.

Tabla 22. Normalidad productividad antes TPM 2015

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Productividad antes de TPM	.131	14	.200 <sup>*</sup>	.949	14	.551

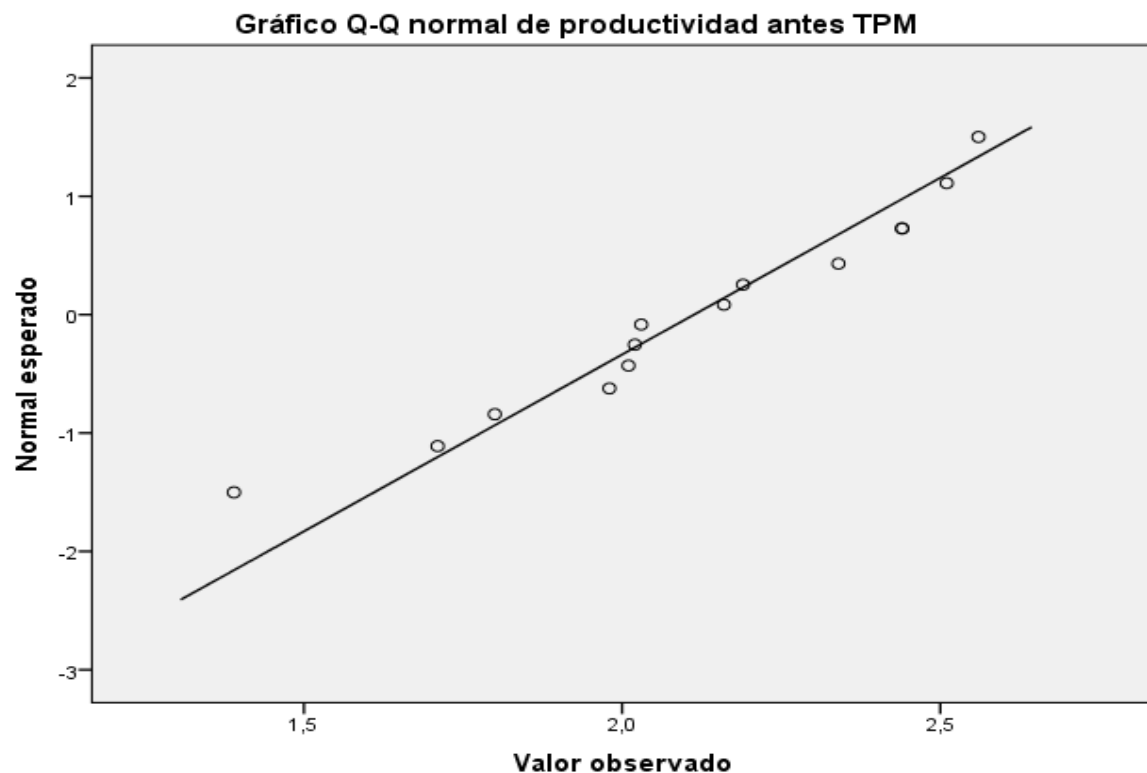
\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Datos de empresa

El siguiente grafico Q-Q normal de la productividad antes del TPM, nos indica que los puntos de la muestra están muy junto a la línea matriz, por lo tanto la normalidad se puede probar que es correcta.

Figura 44. Grafico Q-Q Normal - productividad antes TPM 2015



Fuente: Datos de empresa

#### **d) Conclusión:**

De acuerdo a los datos de la muestra referida al índice de productividad antes del TPM se demuestra que tiene una distribución normal, con un valor de significancia de 0.551 la cual es mayor a 0,05; por lo tanto se acepta la H1. Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ . Ya que no cumple con la propuesta planteada.

#### **3.2.1.2 Eficacia antes TPM 2015**

##### **a)- Planteamiento de hipótesis eficacia antes TPM 2015**

$H_0$ : el índice de eficacia antes del TPM no pertenece a una distribución normal.

$H_1$ : el índice de eficacia antes del TPM si van a pertenecer a la distribución normal

##### **b) Prueba de Frecuencias e Histograma eficacia antes TPM 2015**

Tabla 23. Frecuencias eficacia antes TPM 2015

#### **Estadísticos**

N	Válido	14
	Perdidos	0
Media		.9393
Error estándar de la media		.02198
Mediana		.9450
Moda		.94 <sup>a</sup>
Desviación estándar		.08223
Varianza		.007

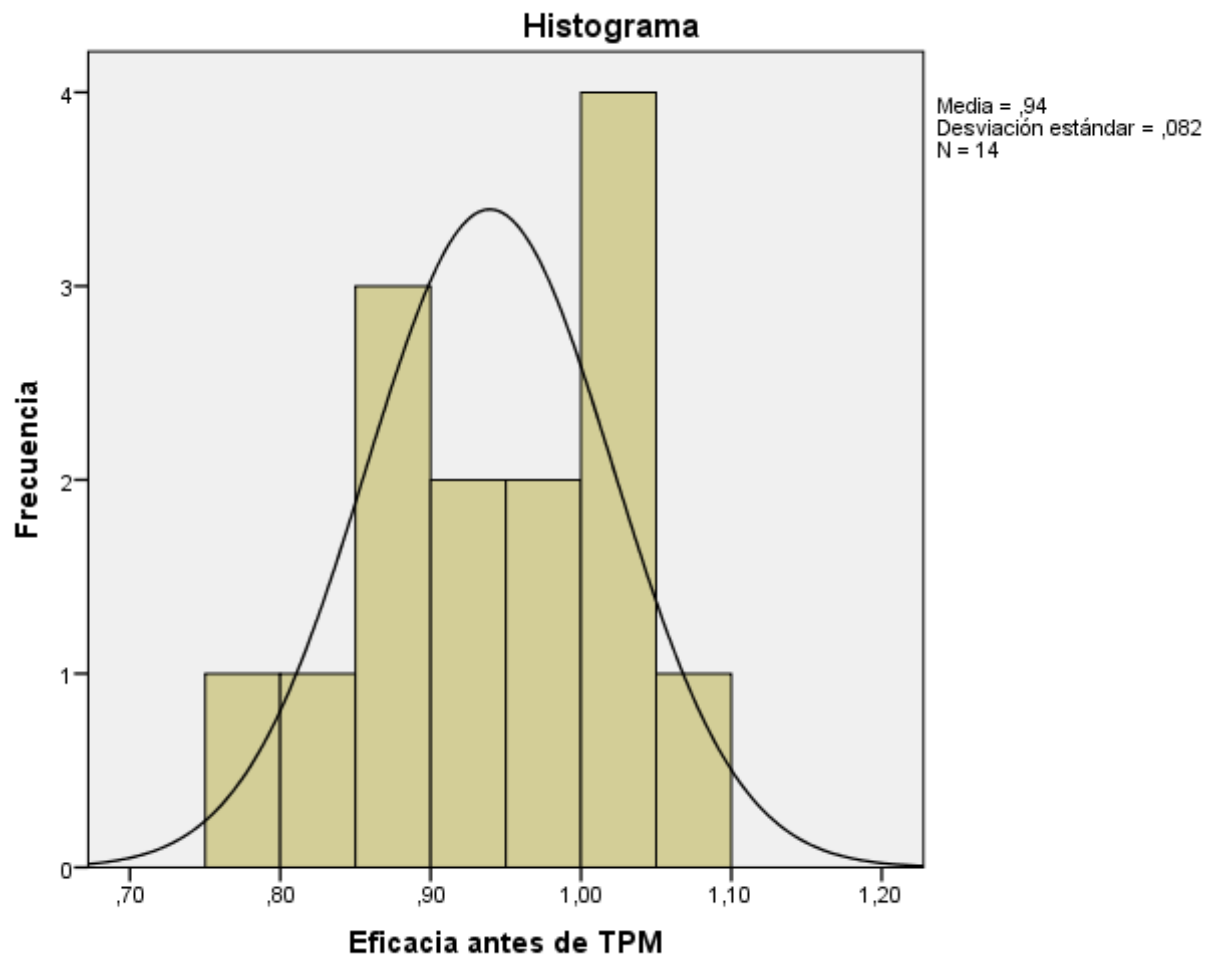
a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: Datos de empresa

El grafico describe que las muestras procesadas fueron 14, con una media de ,9350 y el dato con mayor cantidad repetida (moda) es ,94

En el siguiente grafico nos demuestra la distribución normal de los datos procesados, donde detalla los espacios libres dentro de la campana de Gauss y los datos que esta fuera del mismo.

Figura 45. Histograma eficacia antes TPM 2015.



Fuente: Datos de empresa.

### c) Prueba de Normalidad e Hipótesis eficacia antes TPM 2015

La prueba de normalidad considerada es Shapiro-Wilk, debido que los datos son menores a 30, donde se obtiene que el grado de libertad (gl) es 14 con una significancia de .791

Tabla 24. Normalidad eficacia antes TPM 2015.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia antes de TPM	.146	14	.200*	.964	14	.791

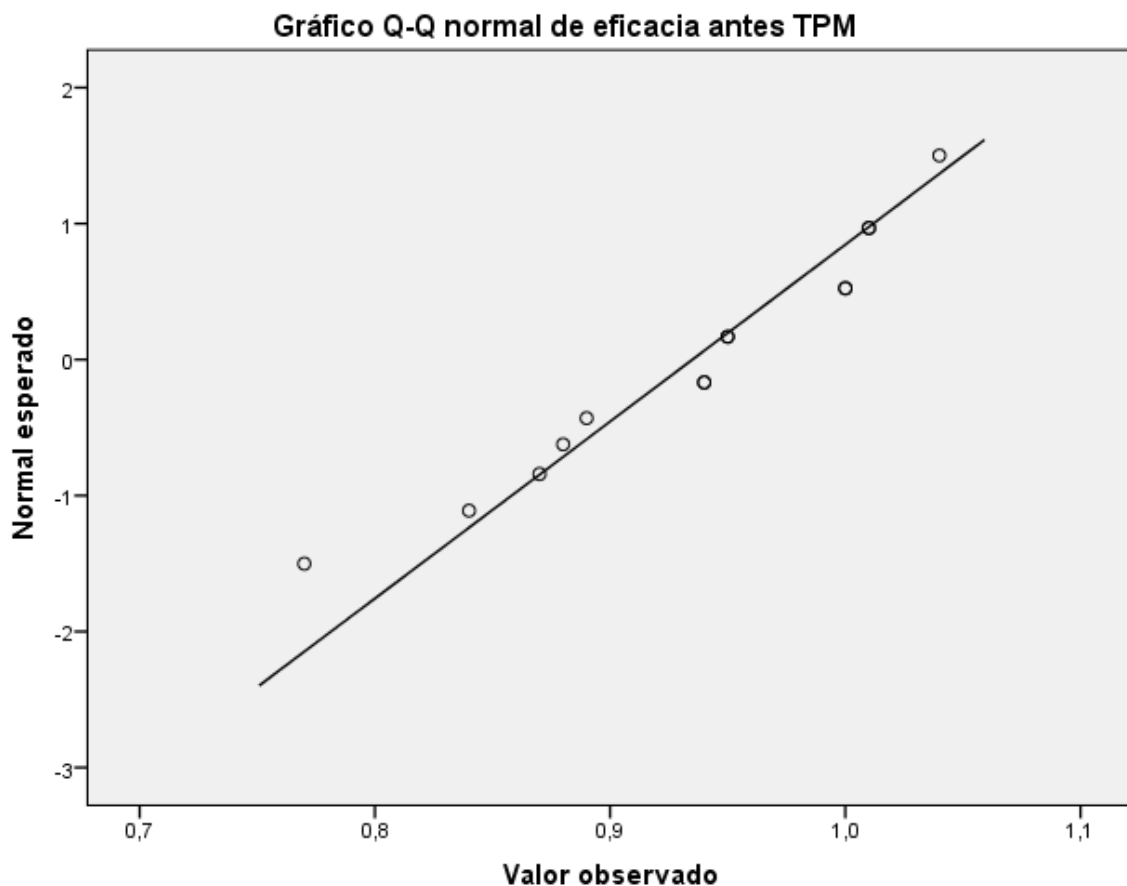
\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Datos de empresa.

El siguiente grafico Q-Q normal de la eficacia antes del TPM, nos indica que los puntos de la muestra están muy junto a la línea matriz, por lo tanto la normalidad se puede probar que es correcta.

Figura 46. Grafico Q-Q Normal - eficacia antes TPM 2015.



Fuente: Datos de empresa.

#### **d) Conclusión:**

De acuerdo al resultado se demuestra que el índice de eficacia antes del TPM tiene una distribución normal, con un valor de significancia de 0.791 la cual es mayor a 0,05; por lo tanto se acepta la H1. Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ . Ya que no cumple con la propuesta planteada.

### 3.2.1.3 Eficiencia antes TPM 2015

#### a)- Planteamiento de hipótesis eficiencia antes TPM 2015

Ho: El índice de eficiencia antes del TPM no pertenece a una distribución normal.

H1: El índice de eficiencia antes del TPM si van a pertenecer a la distribución normal.

#### b) Prueba de Frecuencias e Histograma eficiencia antes TPM 2015

Tabla 25. Frecuencias eficiencia antes TPM 2015.

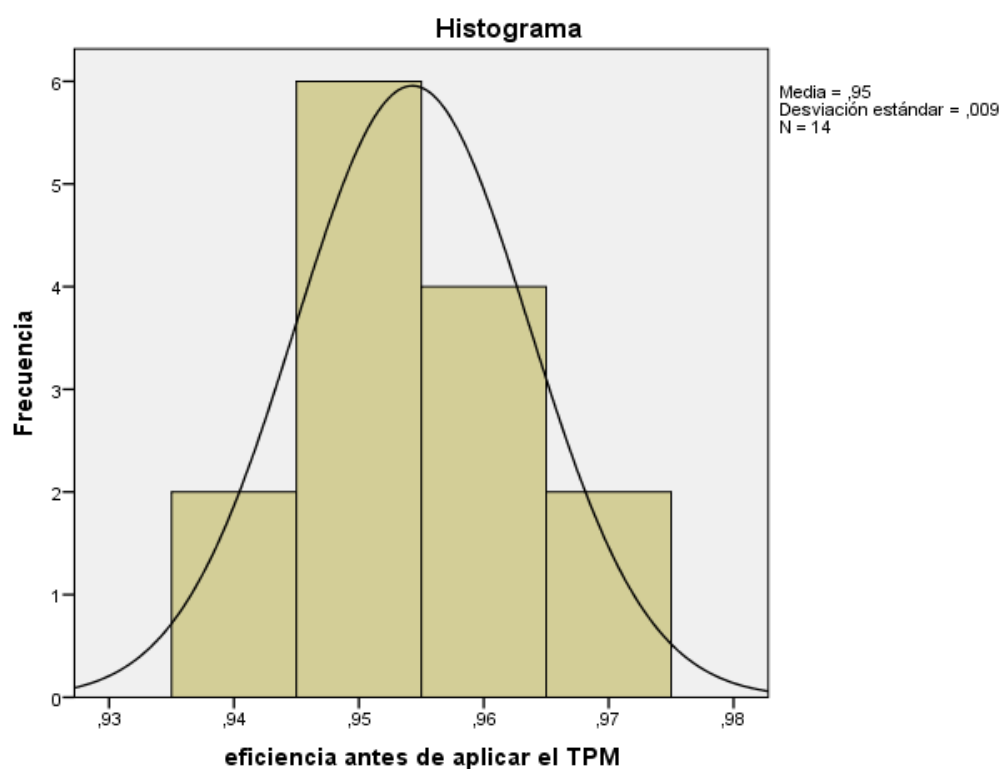
Estadísticos		
N	Válido	14
	Perdidos	0
Media		.9543
Error estándar de la media		.00251
Mediana		.9500
Moda		.95
Desviación estándar		.00938
Varianza		.000

Fuente: Datos de empresa.

El grafico describe que las muestras procesadas fueron 14, con una media de ,9543 y el dato con mayor cantidad repetida (moda) es ,95. En el siguiente grafico nos demuestra la distribución normal de los datos procesados, donde detalla los espacios libres dentro de la campana de Gauss y los datos que esta fuera del mismo.



Figura 47. Histograma eficiencia antes TPM.



Fuente: Datos de empresa.

### c) Prueba de Normalidad eficiencia antes TPM 2015

La prueba de normalidad considerada es Shapiro-Wilk, debido que los datos son menores a 30, donde se obtiene que el grado de libertad (gl) es 14 con una significancia de 0.088

Tabla 26. Normalidad - eficiencia antes TPM 2015.

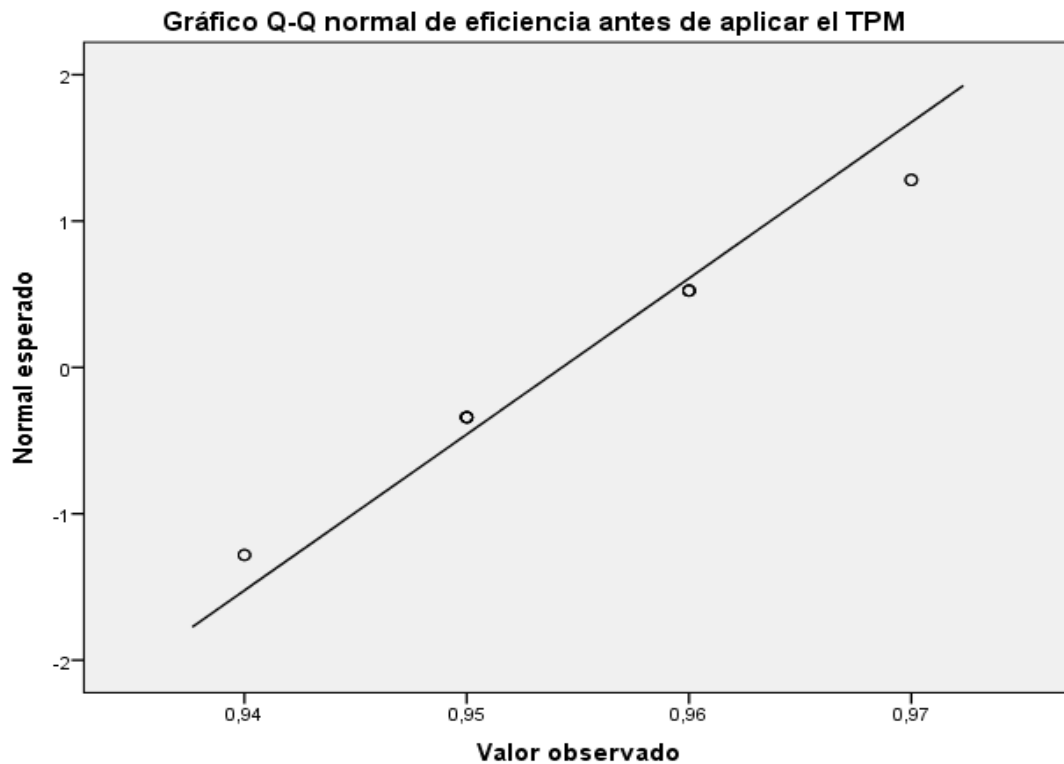
	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia antes de TPM	.248	14	.020	.893	14	.088

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Datos de empresa.

El siguiente grafico Q-Q normal de la eficacia antes del TPM, nos indica que los puntos de la muestra están muy junto a la línea matriz, por lo tanto la normalidad se puede probar que es correcta.

Figura 48. Grafico Q-Q Normal - eficiencia antes TPM 2015.



Fuente: Datos de empresa.

#### **d) Conclusión:**

De acuerdo a los datos de la muestra referida al consumo de agregados con respecto al agregado programado para la producción de mezcla asfáltica donde se obtiene la eficiencia de la planta Linctec CSD 2500 en 14 semanas comprendidos entre octubre y diciembre 2015 se demuestra que tiene una distribución normal, con un valor de significancia de 0.088 la cual es mayor a 0,05; por lo tanto se acepta la H1. Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ . Pues no cumple con la propuesta planteada.

### 3.2.1.4 Productividad después TPM 2016

#### a)- Planteamiento de hipótesis productividad antes TPM 2016

Ho: El índice de productividad después del TPM no pertenece a una distribución normal.

H1: El índice de productividad después del TPM si van a pertenecer a la distribución normal.

#### b) Prueba de Frecuencias e Histograma productividad después TPM 2016

El grafico describe que las muestras procesadas fueron 14, con una media de 3,6136 y el dato con mayor cantidad repetida (moda) es 3,68.

Tabla 27. Frecuencias productividad después del TPM 2015.

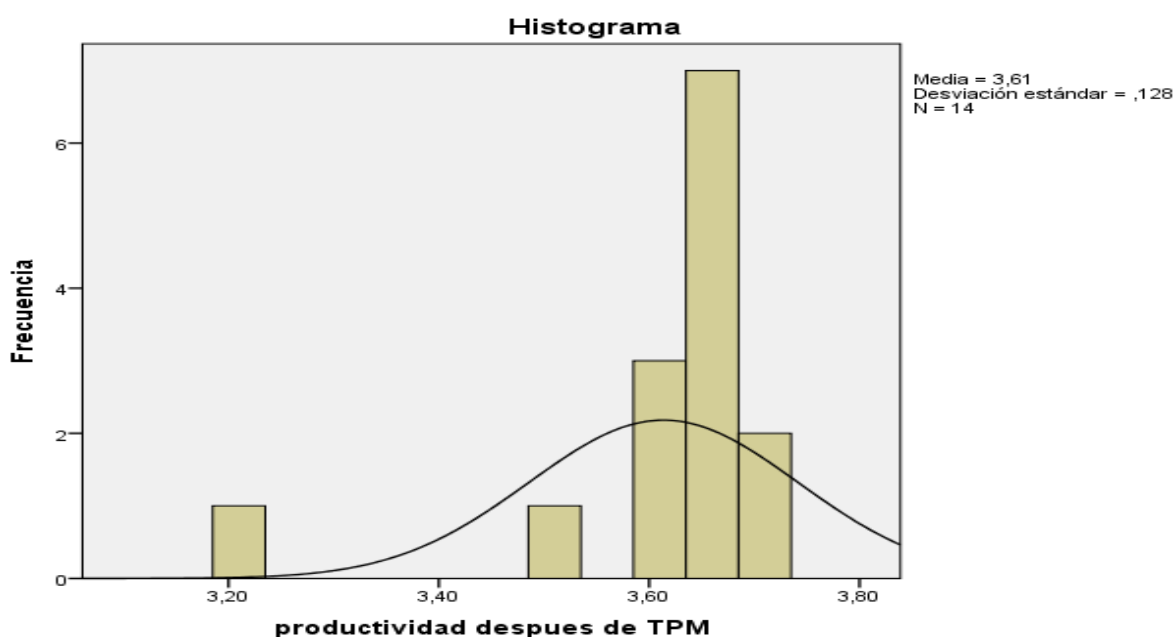
##### Estadísticos

N	Válido	14
	Perdidos	0
Media		3.6136
Error estándar de la media		.03420
Mediana		3.6650
Moda		3.68
Desviación estándar		.12798
Varianza		.016

Fuente: Datos de empresa.

En el siguiente grafico nos demuestra la distribución normal de los datos procesados, donde detalla los espacios libres dentro de la campana de Gauss y los datos que esta fuera del mismo.

Figura 49. Histograma productividad después del TPM 2016.



Fuente: Datos de empresa.

### c) Prueba de Normalidad e Hipótesis productividad después TPM 2016

El siguiente cuadro nos demuestra la prueba de normalidad según Shapiro – Willk nos indica una Sig. de .000 con lo cual podemos deducir que no es paramétrico, pero sin embargo tomaremos como normal ya que matemáticamente el valor 0.000 representa una unidad al final de la cifra.

Tabla 28. Normalidad productividad después del TPM 2015.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Productividad después de TPM	.284	14	.003	.633	14	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Datos de empresa.

### d) Conclusión:

De acuerdo a los resultados de la prueba se infiere que el índice de productividad después de aplicar el TPM no tiene una distribución normal, con un valor de Sig. .000, sin embargo consideramos que es normal pues matemáticamente existe la unidad; por lo tanto se acepta la H1. Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

### 3.2.1.5 Eficacia después de TPM 2016

#### a) Planteamiento de hipótesis eficacia después de TPM 2016

Ho: el índice de eficacia después del TPM no pertenece a una distribución normal.

H1: el índice de eficacia después del TPM si van a pertenecer a la distribución normal

#### b) Prueba de Frecuencias e Histograma eficacia después del TPM 2016

El grafico describe que las muestras procesadas fueron 14, con una media de 1,0193 y el dato con mayor cantidad repetida (moda) es 1.01

Tabla 29. Prueba de frecuencias eficacia después del TPM 2016.

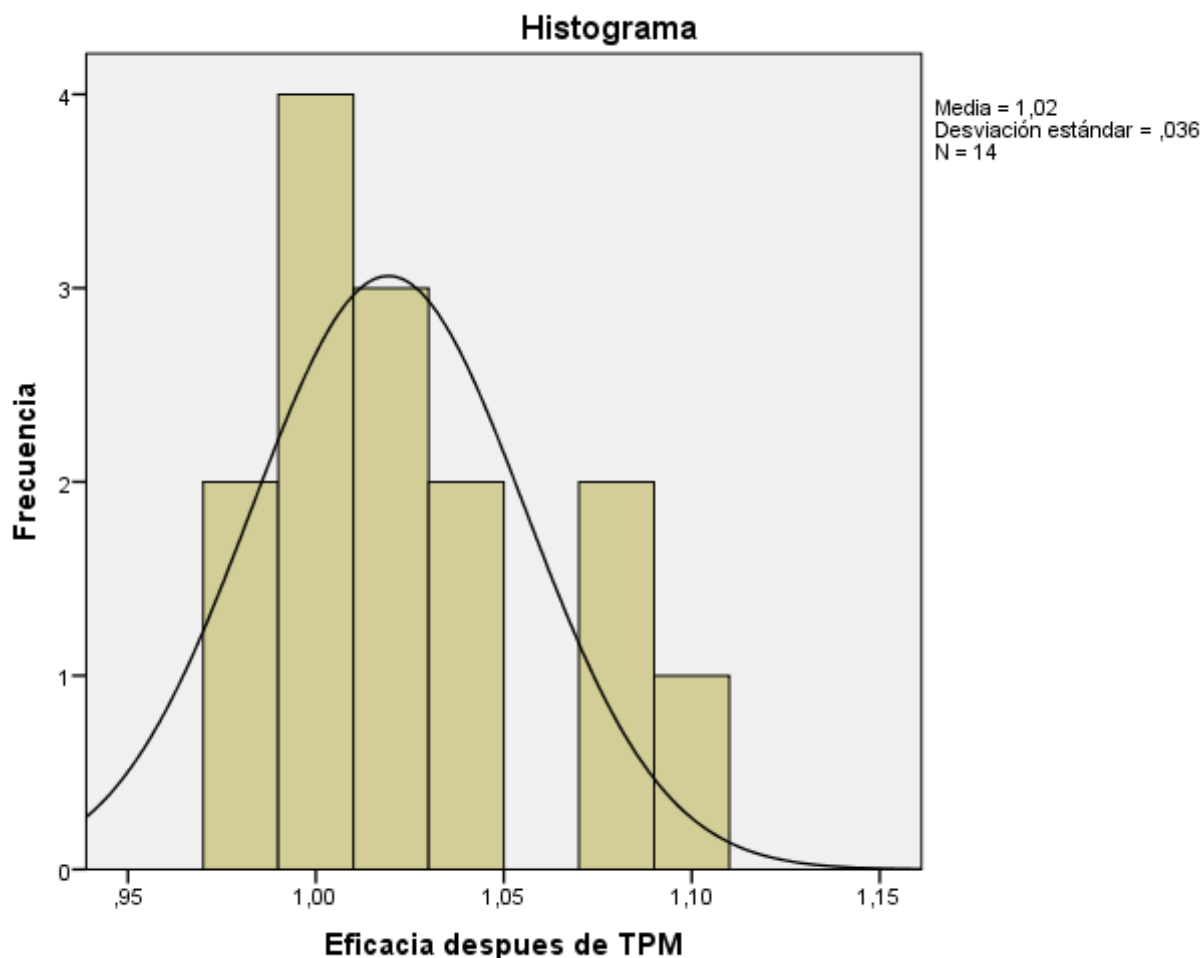
##### Estadísticos

N	Válido	14
	Perdidos	0
Media		1.0193
Error estándar de la media		.00975
Mediana		1.0100
Moda		1.01
Desviación estándar		.03647
Varianza		.001

Fuente: Datos de empresa.

En el siguiente grafico nos demuestra la distribución normal de los datos procesados, donde detalla los espacios libres dentro de la campana de Gauss y los datos que esta fuera del mismo.

Figura 50. Histograma eficacia después del TPM 2016.



Fuente: Datos de empresa.

### c) Prueba de Normalidad eficacia después TPM 2016

La prueba de normalidad considerada es Shapiro-Wilk, debido que los datos son menores a 30, donde se obtiene que el grado de libertad (gl) es 14 con una significancia de 0.035

Tabla 30. Normalidad eficacia después TPM 2016.

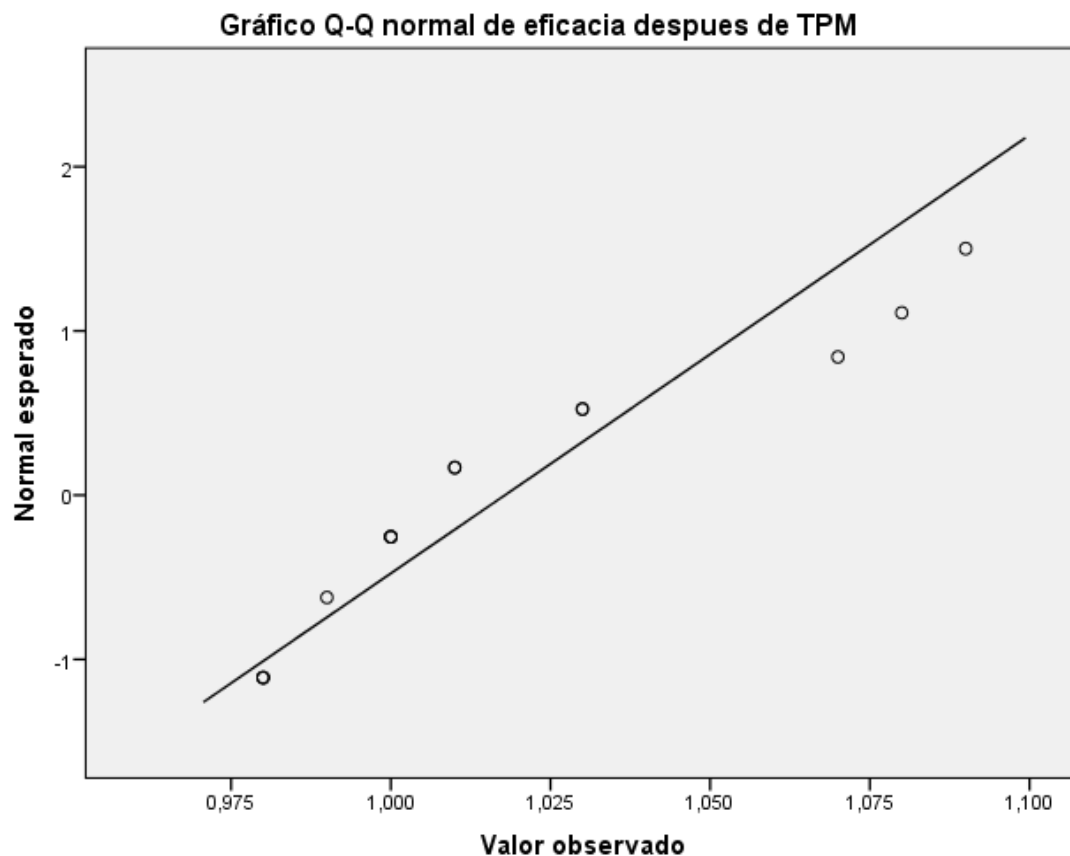
Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia después de TPM	.243	14	.024	.864	14	.035

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Datos de empresa.

El grafico Q-Q normal de la eficacia después del TPM nos indica que los puntos de la muestra están muy junto a la línea matriz, por lo tanto la normalidad se puede probar que es correcta.

Figura 51. Grafico Q-Q Normal eficacia después del TPM 2016.



Fuente: Datos de empresa.

#### **d) Conclusión:**

De acuerdo a los resultados la muestra se puede inferir que el índice de eficacia después del TPM tiene una distribución normal (debido a la cantidad de datos se asume que tienen una distribución normal), con un valor de significancia de 0.035 la cual es menor a 0,05; por lo tanto se acepta la H1. Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

### 3.2.1.6 Eficiencia después del TPM 2016

#### a)- Planteamiento de hipótesis eficiencia después del TPM 2016

Ho: El índice de eficiencia después del TPM no pertenece a una distribución normal.

H1: El índice de eficiencia después del TPM si van a pertenecer a la distribución normal.

#### b) Prueba de Frecuencias e Histograma eficiencia después de TPM 2016

El grafico describe que las muestras procesadas fueron 14, con una media de ,9864 y el dato con mayor cantidad repetida (moda) es 0.99

Tabla 31. Prueba de frecuencias eficiencia después del TPM 2016.

##### Estadísticos

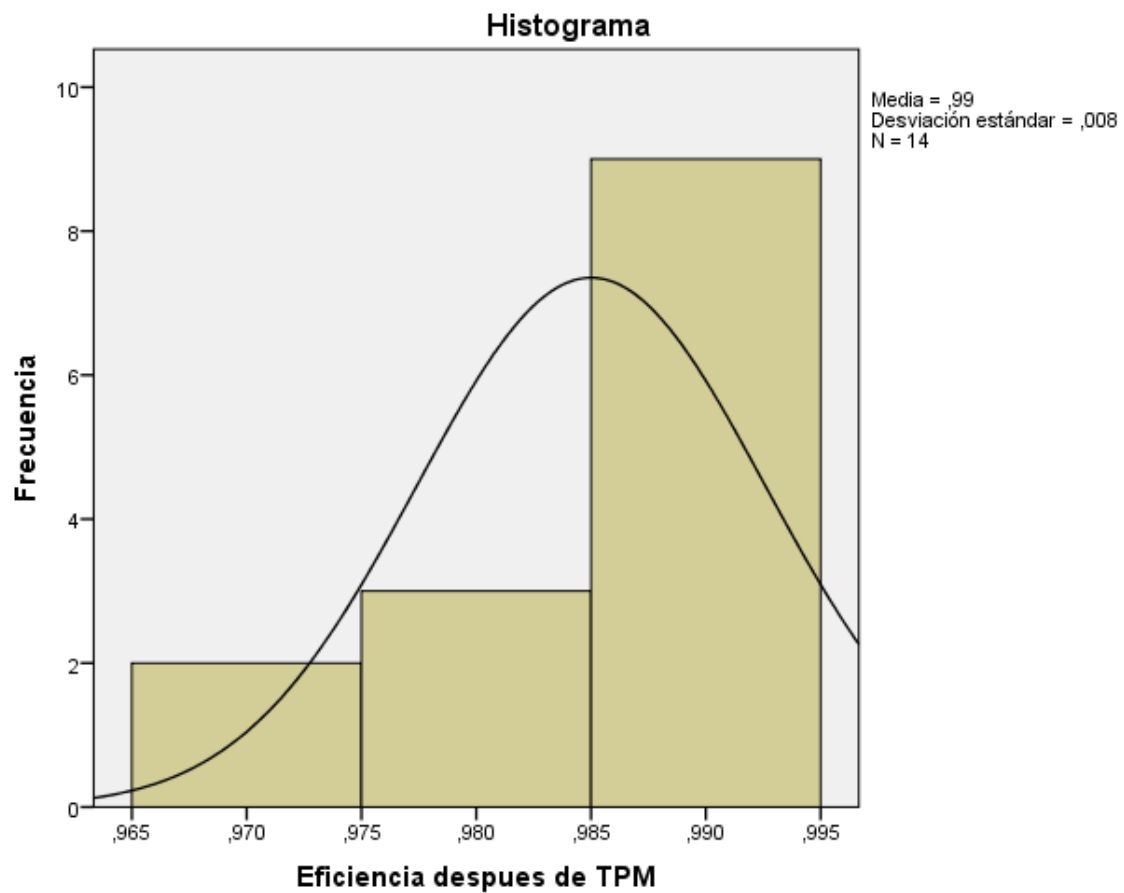
N	Válido	14
	Perdidos	0
Media		.9850
Error estándar de la media		.00203
Mediana		.9900
Moda		.99
Desviación estándar		.00760
Varianza		.000

Fuente: Datos de empresa.

En el siguiente grafico nos demuestra la distribución normal de los datos procesados, donde detalla los espacios libres dentro de la campana de Gauss y los datos que esta fuera del mismo.



Figura 52. Histograma eficiencia después del TPM 2016.



Fuente: Datos de empresa.

### c) Prueba de Normalidad eficiencia después TPM 2016

Se realiza la siguiente prueba de datos no paramétricos y se demuestran que tienen una distribución normal.

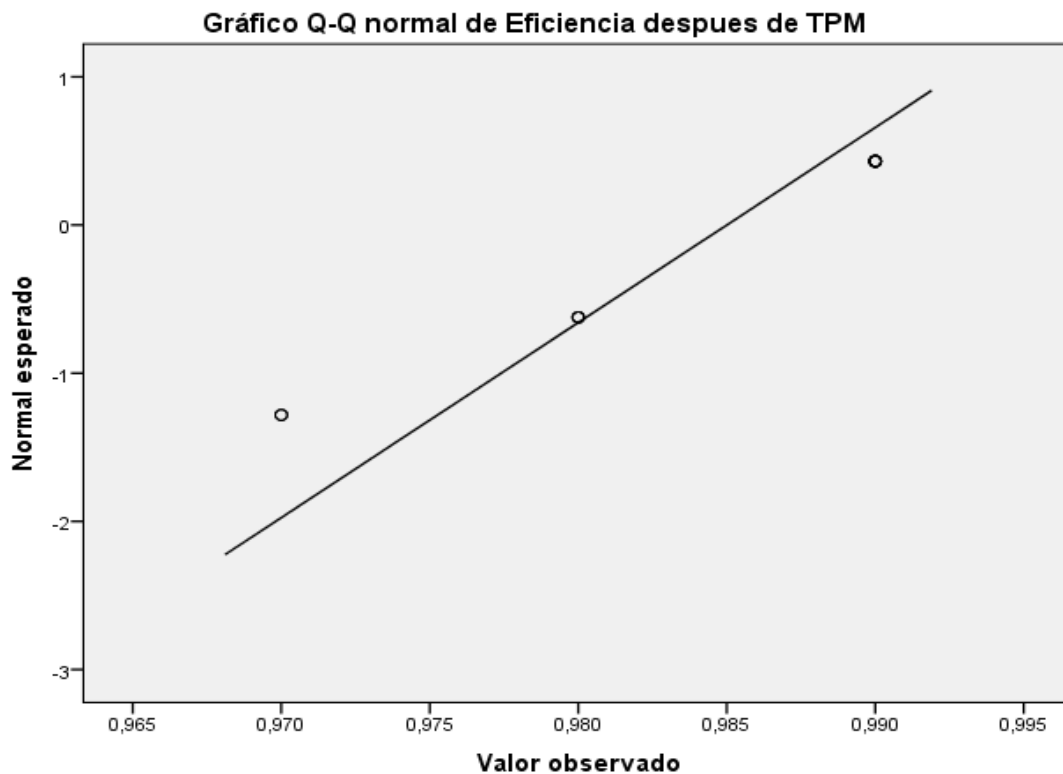
Tabla 32. Normalidad eficiencia después del TPM 2016.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia después de TPM	.388	14	.000	.684	14	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Datos de empresa.

Figura 53. Grafico Q-Q normal de eficiencia después del TPM 2016.



Fuente: Datos de empresa.

#### **d) Conclusión:**

De acuerdo a los datos de la muestra referida al consumo de agregados con respecto al agregado programado donde se obtiene el índice de eficiencia de la planta Lintec CSD 2500 en 14 semanas comprendidos entre marzo y mayo 2016 se demuestra que tiene una distribución normal, con un valor de significancia de 0.00; por lo tanto se acepta la H1. Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

### 3.2.2 Pruebas de contrastación de hipótesis

#### 3.2.2.1 Productividad

##### a) Prueba de T Student Comparando Medias

La prueba T Student nos demostrara si los datos de productividad tomados en nuestro estudio cuasi-experimental de corte longitudinal (medición antes y después del TPM), si fueron significativos para la empresa.

Prueba 1: Productividad antes TPM vs. Productividad después TPM

Tabla 33. Estadísticos emparejados productividad.

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Productividad antes de TPM	2.1129	14	.33488	.08950
	Productividad después de TPM	3.6136	14	.12798	.03420

Fuente: Datos de empresa.

Tabla 34. Prueba de muestras emparejadas productividad.

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Productividad antes de TPM - Productividad después de TPM	-1.50071	.35737	.09551	-1.70705	-1.29437	-15.712	13	.000

Fuente: Datos de empresa.

##### b) Conclusión de la prueba:

La prueba nos demuestra, que la diferencia de medias es de – 1,50071 de los valores obtenidos de la media de datos antes y después de aplicar la filosofía; asimismo indica que la media se encuentra dentro del intervalo de confianza.

El valor de Sig. .000 la cual es menor a 0.05 por lo cual se demuestra que hubo una mejoría luego de aplicar el TPM.

### 3.2.2.2 Eficacia

#### a) Prueba de T Student Comparando Medias

La prueba T Student nos demostrara que los datos de eficacia tomados en nuestro estudio cuasi-experimental de corte longitudinal (medición antes y después del TPM), si fueron significativos para la empresa.

#### Prueba 1: Eficacia antes TPM vs. Eficacia después TPM

Tabla 35. Estadísticos emparejados eficacia.

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Eficacia antes de TPM	.9393	14	.08223	.02198
	Eficacia despues de TPM	1.0193	14	.03647	.00975

Fuente: Datos de empresa.

Tabla 36. Prueba de muestras emparejadas eficacia.

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Eficacia antes de TPM - Eficacia después de TPM	-.08000	.09232	.02467	-.13330	-.02670	-3.242	13	.006

Fuente: Datos de empresa.

#### b) Conclusión de la prueba:

La prueba nos demuestra, que la diferencia de medias es de – ,08286 de los valores obtenidos de la media de datos antes y después de aplicar la filosofía; asimismo el valor de la media está dentro del intervalo de confianza.

El valor de sig. ,006 la cual es menor a 0.05 por lo cual se demuestra que hubo una mejoría de la eficacia luego de aplicar el TPM.

### 3.2.2.3 Eficiencia

#### a) Prueba de T Student Comparando Medias

La prueba T Student nos demostrara que los datos de eficiencia tomados en nuestro estudio cuasi-experimental de corte longitudinal (medición antes y después del TPM), si fueron significativos para la empresa.

Prueba 1: Eficiencia antes TPM vs. Eficiencia después TPM

Tabla 37. Estadísticos emparejadas eficiencia.

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Eficiencia antes de TPM	.9543	14	.00938	.00251
	Eficiencia después de TPM	.9850	14	.00760	.00203

Fuente: Datos de empresa.

Tabla 38. Prueba de muestras emparejadas eficiencia.

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Eficiencia antes de TPM - Eficiencia después de TPM	-.03071	.00997	.00267	-.03647	-.02496	-11.524	13	.000

Fuente: Datos de empresa.

#### b) Conclusión de la prueba:

La prueba nos demuestra, que la diferencia de medias es de  $-.03214$  de los valores obtenidos de la media de datos antes y después de aplicar la filosofía; asimismo que el valor de la media está dentro del intervalo de confianza.

El valor de sig= .000 la cual es menor a 0.05 por lo cual se demuestra que hubo una mejoría de la eficiencia luego de aplicar el TPM.

## **IV. DISCUSSION**

TALLA C., Elisa. Logro reducir el consumo de energía, mejora que fue implementada en el sistema de refrigeración para el ahorro de energía, pues inicialmente existía un índice de 8.4H KW-h/HI y al finalizar la mejora se obtuvo un promedio de 7.64 KW/HI, que multiplicados por el costo de EE soles/ KW-H, se obtuvo un ahorro mensual de S/. 46, 035.00 nuevos soles.

En la presente investigación se demostró que la aplicación del TPM redujo considerablemente el consumo de combustible. Después de aplicar el TPM se produjeron 24, 453.95 m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica, consumiendo un total de 6,710.50 galones de combustible, la cual multiplicado por su costo en el mercado significó un ahorro de S/. 5,822.20 nuevos soles, por lo tanto podemos afirmar que la productividad es la relación existente de los productos logrados sobre los factores de la producción.

CALDERÓN et. al. (2013), concluyeron en su investigación indicando que la implementación de políticas de ingreso de envases redujo en 14% el tiempo del ciclo total del proceso y luego de automatizar el proceso de enmicado esta se redujo en 43% sus tiempos.

La aplicación de los conceptos de la filosofía TPM permitió la implantación de políticas de mantenimiento, las cuales obtuvieron resultados significativos con respecto al cumplimiento de la producción de asfalto, pues inicialmente se tenía un índice de eficacia del 94%, dicho resultado al finalizar mejoró considerablemente en 102% sobre el cumplimiento del asfalto requerido en campo, por se afirma que el índice de eficacia es la relación entre los productos logrados y las metas que se tienen fijadas.

Asimismo CALDERÓN et. al. (2013), indican que el reemplazo de la máquina de secado identificado como el cuello de botella redujo en 61% el tiempo proceso de secado, ampliando la capacidad de la planta en 226%. También se consideró la importancia de la salud del colaborador tanto en nivel ergonómico y la exposición a los gases existentes en el proceso de pintado de balones.

La aplicación del TPM y por la constante preocupación por el no cumplimiento del despacho de mezcla asfáltica hacia nuestro cliente principal (se aplica penalidades), la alta gerencia decidió hacer las acciones correctivas invirtiendo en mejoras correctivas con recursos propios, por ello se automatizó el proceso de descarga de asfalto líquido, reduciendo el tiempo de proceso total de 2.6 horas a 1.85 horas, reduciendo en 45 min el proceso de arranque del proceso diario, por lo tanto al analizar los resultados deducimos que el índice de eficiencia expresa el buen uso de los recursos de la producción en un periodo definido.



## V. CONCLUSIONES

Una vez finalizado con la implementación del método TPM en la planta de asfalto, en la empresa ABC, se concluye lo siguiente:

1. La aplicación de la filosofía TPM mejoró significativamente el índice de productividad de la Empresa ABC, porque al comparar las medias de los datos de consumo de combustible con respecto al metro cubico de mezcla asfáltica producido antes y después de aplicar la filosofía, se rechazó satisfactoriamente la hipótesis nula. Ello determino que los índices de productividad después de aplicar el TPM disminuyeron significativamente el consumo de combustible generando una rentabilidad de S/. 5.822,20 nuevos soles. Ver tabla 3.
2. La aplicación de la filosofía TPM en la organización, mejoro considerablemente los índices de eficacia en la planta de producción de asfalto; donde inicialmente se cumplía el 0.94% de la programación requerida en campo, tras la implantación de satisfactoria del TPM se cumplió con la programación logrando en promedio un índice del 1.02% de eficacia. Ello se demuestra en el indicador RPP. Ver tabla 6.
3. El mantenimiento correctivo, que se centra en las mejoras realizadas sobre la planta fue fundamental para la mejorar la eficiencia que inicialmente tenía un índice promedio en 0.95%, la cual mejoro considerablemente en 0.99% gracias a las mejoras realizadas en la planta. Asimismo se redujo el tiempo de descarga de 2.6 horas a 1.85 horas, optimizando el proceso y reduciendo el nivel de exposición a los gases tóxicos del colaborador. Ver figura 35.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. El área de mantenimiento recomienda a la Alta Gerencia homogenizar los equipos eléctricos, siendo 400 VAC 1 N 50 Hz la fuente de energía eléctrica de la planta, ello implicaría utilizar dos grupos electrógenos y ello generaría la disminución consumo de combustible. Actualmente se cuenta con tres grupos electrógenos, los cuales trabajan cumpliendo según sus especificaciones técnicas de servicio durante 16 horas diarias en promedio.
2. El área de mantenimiento recomienda a la Alta Gerencia la implantación del mantenimiento predictivo, que es fundamental para predecir y evaluar a tiempo los niveles de vibración de los motores de la planta, asimismo hacer las pruebas de emisión de gases tóxicos en el quemador, pruebas termografías y otros. Ello justifica ya que la planta es netamente automatizada y la posterior falla de esta puede generar millonarias pérdidas.
3. El área de mantenimiento recomienda al departamento de producción proponer mejoras para llegar al 85% de rendimiento nominal de la planta Lintec CSD 2500, ello se puede lograr con la correcta clasificación de agregados según pruebas de granulometría. La producción actual de la planta Lintec es del 83%, que significa una producción del 123 TN/H.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANA R, Luis. Mejora de Productividad en el Área de Producción de carteras en una empresa de accesorios de vestir y artículos de viaje. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima, Perú: Universidad San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2014. 251 pp.

BERNAL, Cesar. Metodología de la Investigación. 3ª ed. Bogotá: Pearson Educación, 2010. 305 pp. ISBN 9789586991285

BOERO, Carlos. Mantenimiento industrial. Córdoba: Editorial Científica Universitaria, 2012. 106 pp.

BOTERO G., David. Plan de implementación del pilar mantenimiento planificado bajo mantenimiento productivo total en una empresa productora del sector cerámico. Trabajo de grado de pregrado (Grado de Ingeniero Industrial). Envigado, Colombia: Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2013. 101 pp.

CALDERÓN O. Patricia del Pilar y ESPICHAN Z., Diana. Rediseño de procesos para la mejora del control, optimización de la productividad y reducción de los costos en el área de mantenimiento de la empresa de gases industriales Aga S.A. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2012. 145 pp.

CARRASCO DIAZ, Sergio. Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. 2ª ed. Lima: Editorial San Marcos EIRL., 2008. pp.476 ISBN 978-99972-38-344-1

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2003), Sostenibilidad Energética en América Latina y el Caribe: el aporte de las fuentes renovables (LC/L.1966), Brasilia, Octubre. Publicación de las Naciones Unidas.

CRUELLES, José Agustín. Productividad e incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan. 1ª ed. México: Alfaomega Grupo Editor.

ISBN 978-84-267-1791-7

CUATRECASAS, Luis. Gestión Integral de la Calidad, Implantación, Control y Certificación. Barcelona: Profit Editorial, 2010. 380p.

ISBN 9788496998520

CUATRECASAS, Lluís y TORRELL, Francesca. TPM en un Entorno Lean Managment. Barcelona: Profit Editorial, 2010. 412p.

ISBN 9788492956128

GARCÍA, Alfonso. Productividad y Reducción de Costos para la Pequeña y Mediana industria. 2ª ed. México: Editorial Trillas, 2011. 304p.

ISBN 9786071707338

FREIVALDS, Andris y NIEBEL, Benjamin. Ingeniería Industrial de Niebel, Métodos, Estándares y Diseño de Trabajo. 13ª Ed. México: Mc. Graw Hill/ Interamericana Editores, 2014. 550p. ISBN 9786071511546

GUTIERREZ, P. Humberto. Calidad y Productividad. 4ª ed. México D.F.: Mac Graw-Hill/ Interamericana Editores, 2014. 382p. ISBN 978-607-15-1148-5

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la Investigación. 6ª ed. México D. F.: Mc. Graw Hill/ Interamericana Editores, 2014. 600p. ISBN 9781456223960

HERNÁNDEZ MATÍAS, Juan Carlos, VIZÁN IDOPE, Antonio. Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Fundación EOI, 2013. ISBN 978-84-15061-40-3

LEMA Vargas, Gerson Gonzalo. Desarrollo e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento productivo total (TPM) en ICAPEB CIA. LTDA. Tesis (MS en Ingeniería Industrial y Productividad). Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, 2011. 226 p.

MONTGOMERY, Douglas. Control Estadístico de la Calidad. 3ª ed. México: Editorial Limusa, 2006. 797p. ISBN 109681862341

SCHALLENBERG, Julieta et al. Energías renovables y eficiencia energética. 1ª ed. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias. p. 148.  
ISBN 978-84-69093-86-3

TALLA Chicoma, Elisa Denisse. Ahorro de Energía Eléctrica en una Industria Cervecera como Estrategia de Excelencia Operativa. Tesis (Título de Ingeniero Industrial)

# **ANEXOS**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><u><b>PROBLEMA GENERAL</b></u> Cómo la aplicación del TPM mejora la productividad en la Planta de Asfalto de la empresa ABC. Cajamarquilla, 2016</p> <p><u><b>PROBLEMA GENERAL</b></u> Cómo la aplicación del TPM mejora la eficacia en la Planta de Asfalto de la empresa ABC. Cajamarquilla, 2016</p> <p>Cómo la aplicación del TPM mejora la eficiencia en la Planta de Asfalto de la empresa ABC. Cajamarquilla, 2016</p>	<p><u><b>OBJETIVO GENERAL</b></u> Determinar cómo la aplicación del TPM mejora la productividad en la Planta de Asfalto de la empresa ABC, Lima-2016</p> <p><u><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></u> Establecer cómo la aplicación del TPM mejora la eficacia en la Planta de Asfalto de la empresa ABC, Lima-2016</p> <p>Establecer cómo la aplicación del TPM mejora la eficiencia en la Planta de Asfalto de la empresa ABC, Lima-2016</p>	<p><u><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></u> La aplicación del TPM mejora significativamente la productividad en la Planta de Asfalto de la empresa ABC, Lima-2016</p> <p><u><b>HIPOTESIS ESPECIFICOS</b></u> La aplicación del TPM mejorara la eficacia en la Planta de Asfalto de la empresa ABC, Lima-2016</p> <p>La aplicación del TPM mejorara la eficiencia en la Planta de Asfalto de la empresa ABC, Lima-2016</p>	<b>TPM</b>	PREPARACION	$\frac{AP}{TE}$ <p>A P = Actividades programadas T E = Tiempo establecido</p>	<p><b>TIPO DE ESTUDIO</b> Cuantitativa, ya que analiza las variables de estudio, además es medible y pretende dar un aporte científico. Aplicada, ya que usa el conocimiento de las ciencias básicas para la solución de un problema práctico. Longitudinal ya que se registra las observaciones de las variables en dos o más momentos de un periodo determinado de tiempo. Explicativa, ya que se observa y registra el fenómeno de interés, pues esta investigación analiza la naturaleza del mismo, la forma como se manifiesta y otros factores con que se relaciona.</p> <p><b>DISEÑO DE ESTUDIO</b> Diseño cuasi-experimental</p> <p><b>POBLACIÓN</b> Está conformada por la producción de mezcla de asfalto caliente en la empresa ABC, Cajamarquilla 2015- 2016</p> <p><b>MUESTRA</b> La muestra de estudio lo conforma la producción de la planta de asfalto periodo octubre- mayo</p> <p><b>INSTRUMENTOS</b> Ficha de observación de indicadores</p>
				IMPLEMENTACION	$Rpp = \frac{PPI}{PPA}$ <p>Rpp = Reducción de paradas PPI = paradas de producción inicial PPA = paradas de producción actual.</p>	
			<b>PRODUCTIVIDAD</b>	EFICACIA	$\frac{Pt\ ma\ (tn)}{Pr\ ma\ (tn)}$ <p>Pt ma= Producción total de mezcla asfáltica Pr ma= Programación de mezcla asfáltica</p>	
				EFICIENCIA	$\frac{A. P. (tn)}{A. U. (tn)}$ <p>AP= Agregados Programados (tn) AU= Agregados Utilizados (tn)</p>	

## ANEXO 01. CONSUMO DE COMBUSTIBLE ANTES TPM – REGISTROS DE PRODUCCION 14 SEMANAS (OCTUBRE – DICIEMBRE 2015)

[illegible]



ANEXO 02. CONSUMO DE COMBUSTIBLE DESPUES TPM - REGISTROS DE PRODUCCION 14 SEMANAS (MARZO – MAYO 2016)

[illegible]

ANEXO 03. PRODUCTIVIDAD ANTES APLICAR TPM - REGISTROS DE PRODUCCION 14 SEMANAS (OCTUBRE – DICIEMBRE 2015)

PRE TESIS	SEM.1	SEM.2	SEM.3	SEM.4	SEM.5	SEM.6	SEM.7	SEM.8	SEM.9	SEM.10	SEM.11	SEM.12	SEM.13	SEM.14
TONELADAS PRODUCIDAS	925,74	2579,98	3555,22	4225,63	2710,43	2510,61	3602,45	3718,04	3842,95	3732,90	4108,37	3442,80	1814,08	3247,91
MEZCLA ASFALTICA (M3)	514,30	1433,32	1975,12	2347,57	1505,80	1394,78	2001,36	2065,58	2134,97	2073,84	2282,43	1912,67	1007,82	1804,40
CONSUMO DE DIESEL	160,43	398,23	538,42	634,79	416,98	388,26	545,21	561,83	579,78	563,96	617,94	522,26	288,13	494,25
PRODUCTIVIDAD	2,19	1,98	2,03	2,01	1,71	2,44	2,56	2,44	2,16	1,80	2,51	2,34	2,02	1,39

ANEXO 04. PRODUCTIVIDAD DESPUES DE APLICAR TPM - REGISTROS DE PRODUCCION 14 SEMANAS (MARZO – MAYO 2016)

POST TESIS	SEM.1	SEM.2	SEM.3	SEM.4	SEM.5	SEM.6	SEM.7	SEM.8	SEM.9	SEM.10	SEM.11	SEM.12	SEM.13	SEM.14
TONELADAS PRODUCIDAS	2134,40	1715,75	1816,03	1785,75	1301,78	2820,91	3201,42	2802,09	2078,05	1428,15	3037,50	2527,98	1793,99	925,74
MEZCLA ASFALTICA (M3)	1185,78	953,19	1008,90	992,09	723,21	1567,17	1778,56	1556,72	1154,47	793,42	1687,50	1404,43	996,66	514,30
CONSUMO DE DIESEL	542,50	482,32	496,73	492,38	422,81	641,19	695,88	638,48	534,40	440,98	672,32	599,08	493,57	368,75
PRODUCTIVIDAD	3,21	3,60	3,67	3,70	3,61	3,59	3,67	3,68	3,68	3,68	3,69	3,66	3,50	3,65

ANEXO 05. EFICACIA ANTES DE APLICAR TPM - REGISTROS DE PRODUCCION 14 SEMANAS (OCTUBRE – DICIEMBRE 2015)

PRE TESIS	SEM.1	SEM.2	SEM.3	SEM.4	SEM.5	SEM.6	SEM.7	SEM.8	SEM.9	SEM.10	SEM.11	SEM.12	SEM.13	SEM.14
Toneladas producidas	2.134,40	1.715,75	1.816,03	1.785,75	1.301,78	2.820,91	3.201,42	2.802,09	2.078,05	1.428,153	3.037,503	2.527,98	1.793,99	925,737
Toneladas programadas	2400	1800	2070	1900	1700	2800	3090	2790	2380	1500	3000	3024	1700	980
Eficacia	0,89	0,95	0,88	0,94	0,77	1,01	1,04	1,00	0,87	0,95	1,01	0,84	1,06	0,94

ANEXO 06. EFICACIA DESPUES DE APLICAR TPM - REGISTROS DE PRODUCCION 14 SEMANAS (MARZO – MAYO 2016)

POST TESIS	SEM.1	SEM.2	SEM.3	SEM.4	SEM.5	SEM.6	SEM.7	SEM.8	SEM.9	SEM.10	SEM.11	SEM.12	SEM.13	SEM.14
toneladas producidas	925,74	2.579,98	3.555,22	4.225,63	2.710,43	2.510,61	3.602,45	3.718,04	3.842,95	3.732,90	4.108,37	3.442,80	1.814,08	3.247,91
toneladas programadas	900	2600	3600	4200	2700	2500	3304	3800	3600	3800	4000	3200	1800	3200
Eficacia	1,03	0,99	0,99	1,01	1,00	1,00	1,09	0,98	1,07	0,98	1,03	1,08	1,01	1,01

ANEXO 07 EFICIENCIA ANTES DE APLICAR TPM - REGISTROS DE PRODUCCION 14 SEMANAS (OCTUBRE – DICIEMBRE 2015)

PRE TESIS	SEM.1	SEM.2	SEM.3	SEM.4	SEM.5	SEM.6	SEM.7	SEM.8	SEM.9	SEM.10	SEM.11	SEM.12	SEM.13	SEM.14
Insumos utilizados	2025,17	1628,49	1721,64	1694,88	1235,55	2676,89	3038,57	2659,93	1972,34	1359,04	2914,49	2397,09	1700,91	878,53
Insumos programados	1900	1560,02	1627,36	1618,27	1200	2548,90	2891,41	2530,28	1900	1290	2800	2248,93	1630	850
Eficiencia	0,94	0,96	0,95	0,95	0,97	0,95	0,95	0,95	0,96	0,95	0,96	0,94	0,96	0,97

ANEXO 08. EFICIENCIA DESPUES DE APLICAR TPM - REGISTROS DE PRODUCCION 14 SEMANAS (MARZO – MAYO 2016)

POST TESIS	SEM.1	SEM.2	SEM.3	SEM.4	SEM.5	SEM.6	SEM.7	SEM.8	SEM.9	SEM.10	SEM.11	SEM.12	SEM.13	SEM.14
Insumos utilizados	878,53	2448,71	3374,39	4010,65	2572,6	2382,91	3419,2	3534,87	3647,49	3543,01	3899,42	3267,65	1721,8	3082,11
Insumos programados	870	2420	3280	3940	2555	2330	3400	3470	3600	3450	3870	3220	1700	3050
Eficiencia	0,99	0,99	0,97	0,98	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99

ANEXO 9. TARJETAS DE MANTENIMIENTO AUTONOMO

TARJETA ROJA: Equipos para reparación mantenimiento especializado.

TARJETA N: 1602004

TPM - ABC

EQUIPO: \_\_\_\_\_ AREA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ NOMBRE: \_\_\_\_\_

PROBLEMA: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ELABORADO POR: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

TARJETA VERDE: Equipos observados por Medio Ambiente

TARJETA N: 1603004

TPM - ABC

EQUIPO: \_\_\_\_\_ AREA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ NOMBRE: \_\_\_\_\_

PROBLEMA: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ELABORADO POR: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

TARJETA AMARILLA: Equipos observados por problemas electricos

TARJETA N: 1604004

TPM - ABC

EQUIPO: \_\_\_\_\_ AREA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ NOMBRE: \_\_\_\_\_

PROBLEMA: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ELABORADO POR: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

ANEXO 10. PLAN DE LUBRICACION

FECHA:

SEMANA:

PLAN DE LUBRICACIÓN

PLANTA DE ASFALTO LINTEC CSD 2500

A B C

TPM - MANTENIMIENTO AUTONOMO

LOCALIZACION	CONJUNTO	CHECK	CODIGO	SUBCONJUNTO	LUBRICANTE	INTERVALO	CANTIDAD
TOLVAS DE AGREGADOS FRÍOS	FAJA DE SALIDA		LT01	CHUMACERA DEL TAMBOR MOTRIZ (12 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	CADA 2 DIAS	
			LT02	CHUMACERA DEL TAMBOR DE REENVÍO (12 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	CADA 2 DIAS	
	FAJA DE TRANSPORTE		LT03	CHUMACERA DEL TAMBOR MOTRIZ (4 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	CADA 2 DIAS	
			LT04	CHUMACERA DEL TAMBOR DE REENVÍO (4 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	CADA 2 DIAS	
FAJA PRINCIPAL	FAJA PRINCIPAL		LA01	CHUMACERA DEL TAMBOR MOTRIZ (2 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	CADA 2 DIAS	
			LA02	CHUMACERA DEL TAMBOR DE REENVÍO (2 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	CADA 2 DIAS	
MEZCLADOR	ENGRANAJES DE SINCRONIZACION		LM01	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE DE REDUCTOR		MENSUAL	
	REDUCTORES		LM02	CAMBIAR ACEITE	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	3000 HORAS / 1 AÑO	
	EJE DEL MEZCLADOR		LM03	CHUMACERA DE EJE (4 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL CGS-3- EP	DIARIO	
			LM04	TAPA LATERAL DEL MEZCLADOR (4 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL CGS-3- EP	DIARIO	
	SISTEMA DE DESCARGA		LM05	COMPUERTA DE DESCARGA (2 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL CGS-3- EP	CADA 3 DIAS	
	TOLVAS DE AGREGADOS CALIENTES		LM06	COMPUERTA DE DESCARGA (10 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL CGS-3- EP	SEMANAL	
	BALANZA DE AGREGADOS CALIENTES		LM07	COMPUERTA DE DESCARGA (4 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL CGS-3- EP	SEMANAL	
CONTAINER SILO DE FILLER	COMPRESOR DE AIRE		LE01	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE DE REDUCTOR		DIARIO	
			LE02	CAMBIAR ACEITE	LUBRAX INDUSTRIAL HR 32- EP	1000 H	
			LE03	VERIFICAR FILTRO DE AIRE		DIARIO	
			LE04	CAMBIAR FILTRO DE AIRE		1000 H	
			LE05	VERIFICAR FILTRO SEPARADOR		DIARIO	
			LE06	CAMBIAR FILTRO SEPARADOR		200 HORAS / 1 MES	
			LE07	DRENAR SEPARADOR DE AGUA		DIARIO	
TAMBOR QUEMADOR	MOTORES DE GIRO		LQ01	CHUMACERAS (8 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	DIARIO	
	TORNILLO SINFIN		LQ02	RODAMIENTOS DE APOYOS INTERMEDIOS (2 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	DIARIO	
	MOTOR DE ENTRADA DE FILLER PESADO		LQ03	CHUMACERA DE TORNILLO DE TRANSPORTE (1 PTO)	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	SEMANAL	
FILTRO DE MANGAS	VENTILADOR		LF01	MOTOR DE VENTILADOR (2 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL CGS-3- EP	QUINCENAL	
			LF02	AMORTIGUADORES (8 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL CGS-3- EP	MENSUAL	
			LF03	CHUMACERA DEL VENTILADOR (2 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	MENSUAL	
			LF04	CAMBIAR ACEITE DEL REDUCTOR DEL VENTILADOR	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	4000 H/ AÑO	
CUARTO DE BOMBAS	SISTEMA PEN		LB02	VERIFIQUE NIVEL DE ACEITE DE REDUCTOR		SEMANAL	
			LB03	LUBRIQUE LOS RODAMIENTOS DE LA BOMBA	LUBRAX INDUSTRIAL CGS-3- EP	500 H	
			LB05	LIMPIAR VALVULAS DE 3 VIAS Y EL INYECTOR DE LA BOMBA		SEMANAL	
			LB06	CAMBIAR ACEITE DE REDUCTOR	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	4000 HORAS / 1 AÑO	
	SISTEMA DE DIESEL		LB07	LIMPIAR Y CAMBIAR FILTRO		SEMANAL	
SISTEMA DE DESCARGA DE MEZCLA	POLINES DE APOYO DE CABLE ACERADO DE CARRITO		LD01	POLINES SUPERIORES (2 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	CADA 2 DIAS	
			LD02	POLINES INFERIORES (2 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 220 PS	CADA 3 DIAS	
	SILO 1		LD03	COMPUERTA DE DESCARGA (2 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL CGS-3- EP	CADA 3 DIAS	
	SILO 2		LD04	COMPUERTA DE DESCARGA (2 PTOS)	LUBRAX INDUSTRIAL CGS-3- EP	CADA 3 DIAS	

PERSONAL QUE INTERVINO EN EL SERVICIO

NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	HORA INICIO	HORA FINAL	SERVICIOS EJECUTADOS

OBSERVACIONES

EMISION

JEFE DE PRODUCCION

NOMBRE:

FECHA:

Vº Bº

SUPERVISOR DE MANTTO

NOMBRE:

FECHA:

ANEXO 11. Check list arrnque de planta

HOJA DE VERIFICACION - ARRANQUE DE PLANTA  
PLANTA DE ASFALTO LINTEC CSD 2500

A B C

TPM - MANTENIMIENTO AUTONOMO

HORÓMETROS DE PLANTA	COMPONENTES	MEZCLADOR	EXHAUSTOR	TAMBOR	QUEMADOR	COMPRESOR	CALDERO
	H. INICIAL						
	H. FINAL						

SEMANA

FECHA

ITEM	CONJUNTO	CÓDIGO	ACCIÓN	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
SILOS FRIOS	TOLVAS	OP01	VEREFICAR PRESENCIA DE AGREGADOS			
		MA01	FAJAS DE ALIMENTACION PRIMARIAS			
	FAJAS	MA02	NIVEL DE ACEITE REDUCTOR PRINCIPAL			
		ME01	VEREFICAR POSICION DE PULL CORD			
FAJA CHEVRON	FAJA PRINCIPAL	MA03	NIVEL DE ACEITE REDUCTOR			
		ME02	VEREFICAR POSICION DE PULL CORD			
		OP02	VEREFICAR TOLVA CONO ALIMENTADOR			
		ME03	MOTORES 4M1, 4M2, 4M3, 4M4			
DRUM	TAMBOR QUEMADOR	ME04	SISTEMA DE QUEMADOR PRINCIPAL			
		ME05	MOTOR VENTILADOR 4M6			
		ME06	SENSOR DE TEMPERATURA			
		MA07	PUERTAS DEL DRUM			
		ME08	SENSOR DE TEMPERATURA			
		ME09	MOTOR EXHAUSTOR			
		OP03	NIVEL DE FILLER EXTERNO			
		ME 10	SENSOR DE PRESION DIFERENCIAL			
	SISTEMA DE EXTRACCION	ME11	CELDAS DE CARGA PEN			
		MA05	CELDAS DE CARGA AGREGADOS			
MEZCLADOR	BALANZAS	MA06	CELDAS DE CARGA FILLER			
		MM01	MOTOR PRINCIPALES 2M1, 2M2			
		MM02	COMPUERTAS DE MEZCLADOR POSICION 0			
SISTEMA DE DESCARGA	DESCARGA PROCESO	MM03	RIEL DE DESCARGA			
		MM04	CARRO DE DESCARGA			
		MA07	SILOS DE DESCARGA			
	DESPACHO	ME11	VALVULA DE TRES VIAS NEUMATICA			
TANQUE DE PEN	RECIRCULACION PEN	ME12	BOMBA 1M1			
		ME13	VALVULAS ELECRONEUMATICA TIPO MARIPOSA			
		MM05	VALVULA DE TRES VIAS MANUAL RECIRCULACION PEN			
	DISTRIBUCION	MM06	MANOMETRO DE TANQUE PRINCIPAL			
COMPRESORA PRINCIPAL		OP04	PURGA MANUAL			
		ME14	SENSOR DE PRESION DIFERENCIAL			

PERSONAL DE TURNO				
NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	H. I.	H. F.	SERVICIOS EJECUTADOS

REPORTE DE INCIDENCIAS DE PRODUCCION				
HORA DE EVENTO	FIN DE EVENTO	TOTAL HRS	DESCRIPCION DEL EVENTO	

OBSERVACIONES

---

---

---

EMISION  
JEFE DE PRODUCCION  
NOMBRE:  
FECHA:

V B  
JEFE DE PLANTA  
NOMBRE:  
FECHA:

A B C

## ORDEN DE TRABAJO

EMISION  
JEFE DE PRODUCCION  
NOMBRE:  
FECHA:



ANEXO 13. Plan de mantenimiento preventivo

A B C			TPM- MANTENIMIENTO PREVENTIVO				SEMANA	
TPM - MANTENIMIENTO AUTONOMO			PLANTA DE ASFALTO LINTEC CSD 2500				FECHA	
ITEM	CONJUNTO	CHECK	RESP.	CÓDIGO	ACCIÓN	INTERVALO	OBSERVACIÓN	
MEZCLADOR	BALANZA DE AGREGADOS		M	MM01	LIMPIE LA CELDA DE CARGA Y LA BALANZA CON AIRE	DIARIO		
			M	MM02	INSPECCION VISUALMENTE LOS COMPONENTES	DIARIO		
			M	MM03	LIMPIE LOS CILINDROS NEUMATICOS	DIARIO		
			M	MM04	VERIFIQUE EL CANAL DE VENTILACION INTERNO	SEMANAL		
			M	MM05	VERIFIQUE LOS COMPONENTES DEL CONJUNTO DE BALANZAS EN LO QUE SE REFIERE A LIBRE MOVIMIENTO	DIARIO		
				MM06	CALIBRE LAS BALANZAS	ANUAL		
	BALANZA DE FILLER		M	MM07	VERIFIQUE LOS CABLES DE CONEXIÓN DE LAS CELDAS DE CARGA	SEMANAL		
			M	MM08	LIMPIE LA CELDA DE CARGA Y LA BALANZA CON AIRE	DIARIO		
			M	MM09	INSPECCION VISUALMENTE LOS COMPONENTES	DIARIO		
			M	MM10	LIMPIE LOS CILINDROS NEUMATICOS	DIARIO		
			M	MM11	VERIFIQUE EL CANAL DE VENTILACION INTERNO	SEMANAL		
			M	MM12	VERIFIQUE LOS COMPONENTES DEL CONJUNTO DE BALANZAS EN LO QUE SE REFIERE A LIBRE MOVIMIENTO	DIARIO		
	BALANZA DE PEN		M	MM13	CALIBRE LAS BALANZAS	ANUAL		
				MM14	VERIFIQUE LOS CABLES DE CONEXIÓN DE LAS CELDAS DE CARGA	SEMANAL		
			M	MM15	LIMPIE LA CELDA DE CARGA Y LA BALANZA CON AIRE	DIARIO		
			M	MM16	INSPECCION VISUALMENTE LOS COMPONENTES	DIARIO		
			M	MM17	LIMPIE LOS CILINDROS NEUMATICOS	DIARIO		
			M	MM18	VERIFIQUE EL CANAL DE VENTILACION INTERNO	SEMANAL		
	MEZCLADOR		M	MM19	VERIFIQUE LOS COMPONENTES DEL CONJUNTO DE BALANZAS EN LO QUE SE REFIERE A LIBRE MOVIMIENTO	DIARIO		
				MM20	CALIBRE LAS BALANZAS	ANUAL		
				MM21	VERIFIQUE LOS CABLES DE CONEXIÓN DE LAS CELDAS DE CARGA	SEMANAL		
				MM22	LIMPIE LOS MOTORES	SEMANAL		
			O	MM23	VERIFIQUE LAS JUNTAS Y CONEXIONES, CAMBIE SI ES NECESARIO	SEMANAL		
				MM24	VERIFIQUE LAS JUNTAS EN CUANTO A PERINOS, AVERIAS, ETC. CAMBIE SI ES NECESARIO	DIARIO		
COMPRESOR DE AIRE	PUERTA DE SALIDA DEL MEZCLADOR			MM25	LIMPIE Y VERIFIQUE LA TEMPERATURA DEL SENSOR DE SALIDA DEL MEZCLADOR	SEMANAL		
				MM26	VERIFIQUE LOS BRAZOS Y PALETAS DEL MEZCLADOR	SEMANAL		
			O	MM27	VERIFIQUE EL APRETE DE LOS PERNOS DE PUERTA DE SALIDA Y EL MOVIMIENTO DE LA MISMA	DIARIO		
			M	MM28	LIMPIE LOS CILINDROS NEUMATICOS DE LA PUERTA	DIARIO		
			M	MM29	VERIFIQUE LA FIJACION DE VALVULAS Y COMPONENTES	DIARIO		
			M	MM30	LIMPIE CON AIRE LAS VALVULAS SOLENOIDES	DIARIO		
	ENGRANAJES DE SINCRONIZACION			MM31	VERIFICAR EL NIVEL DE ACEITE DEL REDUCTOR	SEMANAL		
				MM32	CAMBIAR ACEITE DE LOS REDUCTORES	3000 HORAS / 1 AÑO		
				MM33	ENGRASE LOS 4 RODAMIENTOS	SEMANAL		
			M	MC01	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE	DIARIO		
			M	MC02	DRENAR EL AGUA DEL TANQUE Y DEL FILTRO SEPARADOR	DIARIO		
			M	MC03	INSPECCION VISUALMENTE EL COMPRESOR, VALVULAS, CABLES, CONEXIONES, REPARE SI ES NECESARIO	DIARIO		
	SISTEMA NEUMATICO		M	MC04	CAMBIE EL ACEITE DEL COMPRESOR	3000 HORAS / 1 AÑO		
			C	MP01	VERIFIQUE LA BOMBA PARA FUGAS, RUIDOS, VIBRACIONES. CORRIJA SI ES NECESARIO	DIARIO		
			C	MP02	LIMPIE LA MOTOBOMBA	SEMANAL		
			C	MP03	VERIFIQUE EL CALENTAR DE ACEITE TERMICO	DIARIO		
			C	MP04	LIMPIE EL CALENTADOR DE ACEITE	DIARIO		
			C	MP05	VERIFIQUE VISUALMENTE EL QUEMADOR, LIMPIELO SI ES NECESARIO	DIARIO		
	SISTEMA DE ACEITE TERMICO		C	MP06	VERIFIQUE VISUALMENTE EL FOTOSENSOR, LIMPIELO SI ES NECESARIO	DIARIO		
				MP07	INSPECCION TODA LA LINEA DE ACEITE TERMICO, CORRIJA FUGAS, DAÑOS SEGUN SEA NECESARIO	DIARIO		
			C	MP08	VERIFIQUE LA LINEA DE DIESEL, CORRIJA FUGAS DAÑOS SEGUN SEA NECESARIO	DIARIO		
			C	MP09	VERIFIQUE E INSPECCION EL FILTRO DE DIESEL, LIMPIE O CAMBIE SEGUN SEA NECESARIO	DIARIO		
			C	MP10	VERIFIQUE LA PRESION DE SUCCION, LIMPIE O CAMBIE EL FILTRO SI LA PRESION ES MENOR DE 0.2 BAR	DIARIO		
			C	MP11	INSPECCION VISUALMENTE EL TANQUE DE EXPANSION DE ACEITE TERMICO	DIARIO		
CONTENEDOR DE BOMBA DE PEN	BOMBA DE PEN			MP12	LIMPIE Y LUBRIQUE LOS RODAMIENTOS DE LA BOMBA	1000 HORAS		
				MP13	VERIFIQUE EL ROLLO, EL DESALINEAMIENTO, VIBRACION, ROZAMIENTOS CONTRA LAS CARCAZAS, ETC. REPARE SEGUN SEA NECESARIO	1000 HORAS		
			C	MP14	LIMPIE EL MOTOR	SEMANAL		
				MP15	VERIFIQUE EL ACOPLAMIENTO DE LA BOMBA	SEMANAL		
				MP16	VERIFIQUE LOS AMORTIGUADORES DE LA TUBERIA	SEMANAL		
				MP17	VERIFIQUE LAS TEMPERATURAS DEL MOTOR Y BOMBA	SEMANAL		
	SISTEMA DE PEN			MP18	VERIFIQUE CONEXIONES, CABLES, COMANDOS, LIMPIE, AJUSTE SEGUN SEA NECESARIO	SEMANAL		
			C	MP19	INSPECCION Y VERIFIQUE LA VALVULA DE TRES VIAS	DIARIO		
				MP20	LIMPIE EL FILTRO DE PEN	SEMANAL		
				MP21	LIMPIE EL INYECTOR DEL PEN Y LA VALVULA DE TRES VIAS	SEMANAL		
				MP22	LIMPIAR LA VALVULA DE TRES VIAS Y EL INYECTOR DE LA BOMBA	SEMANAL		
				MP23	LIMPIE TODOS LOS COMPONENTES, VERIFIQUE FUGAS, RUIDOS, CONEXIONES. REPARE SI ES NECESARIO	SEMANAL		
SILO FRIO	RECEPCION DE AGREGADOS			MS01	LIMPIE LAS MALLAS	SEMANAL		
			O	MS02	VERIFIQUE LAS PROTECCIONES, SOPORTES, BARANDAS, CORREMANOS, ESCALERAS. CORRIJA SI ES NECESARIO	DIARIO		
				MS03	CAMBIE RODAMIENTOS	3000 HORAS		
			O	MS04	VERIFIQUE FUNCIONAMIENTO, CONEXIONES, SOPORTES	DIARIO		
			O	MS05	VERIFIQUE SI EL MOVIMIENTO DEL SENSOR ESTA LIBRE	DIARIO		
			O	MS06	VERIFIQUE SI EL MOTOR FUNCIONA CON LA PRESENCIA DEL MATERIAL	DIARIO		
	FAJAS DE ALIMENTACION		E	MS07	VERIFIQUE EL CABLE	SEMANAL		
			E	MS08	VERIFIQUE FUNCIONAMIENTO, CONEXIONES, SOPORTES	SEMANAL		
			M	MS09	INSPECCION GENERAL	DIARIO		
				MS10	VERIFIQUE RASPADORES, CAMBIE O AJUSTE SEGUN SEA NECESARIO	SEMANAL		
				MS11	VERIFIQUE ALINEACION DE LAS FAJAS	SEMANAL		
				MS12	LIMPIE LOS RODILLOS	SEMANAL		
TAMBOR	TEL DOBLE			MS13	VERIFIQUE ESTADO, TRABAS, RODILLOS SUELTOS	SEMANAL		
			O	MS14	INSPECCION LA CORREA PARA DAÑOS, RAIADURAS, JUNTAS	SEMANAL		
			O	MS15	VERIFIQUE EL CONO ALIMENTADOR, LIMPIE SI ES NECESARIO	DIARIO		
			O	MS16	LIMPIE LOS SILOS FRIOS, REMUEVA MATERIAL ACUMULADO DENTRO LOS SILOS	DIARIO		
				MS17	REVISAR CONEXIONES ELECTRICAS, CABLES SUELTOS, DAÑADOS, CAMBIE SI ES NECESARIO	SEMANAL		
			E	MS18	INSPECCION LOS CUADROS DE CONTROL, FUSIBLES, CONTACTORES, CUCHILLAS, LUCES, INDICADORES, CORRIJA SI ES NECESARIO	SEMANAL		
	SINFÍN ALIMENTADOR		M	MT01	LIMPIE Y VERIFIQUE LAS CHUMACERAS DEL ROTOR	DIARIO		
			M	MT02	VERIFIQUE LOS RODILLOS GUIA	DIARIO		
			E	MT03	VERIFIQUE EL QUEMADOR, LIMPIE SI ES NECESARIO	DIARIO		
			M	MT04	VERIFIQUE LAS TUBERIAS DE DIESEL Y GAS, CORRIJA SU HAY FUGAS	DIARIO		
			E	MT05	VERIFIQUE LAS MALLAS, LIMPIE Y TENSIONE LAS SI ES NECESARIO	SEMANAL		
			E	MT06	VERIFIQUE RODAMIENTOS, SELLOS, JUNTAS, SOPORTES	SEMANAL		
	SINFÍN QUEMADOR			MT07	LIMPIE E INSPECCION EL MOTOR	DIARIO		
				MT08	DESOCURE EL SINFÍN PARA PERIODOS PROLONGADOS DE PARA	DIARIO		
				MT09	VERIFIQUE RODAMIENTOS, SELLOS, JUNTAS, SOPORTES	SEMANAL		
				MT10	LIMPIE E INSPECCION EL MOTOR	DIARIO		
				MT11	DESOCURE EL SINFÍN PARA PERIODOS PROLONGADOS DE PARA	DIARIO		
				MT12	VERIFIQUE Y LIMPIE EL FOTOSENSOR	SEMANAL		
FAJA PRINCIPAL (T.AEREA)	QUEMADOR		M	MT13	VERIFIQUE E INSPECCION VISUALMENTE EL SOPLADOR. RETIRE LAS CENIZAS SI ES NECESARIO	DIARIO		
			M	MT14	REVISAR LAS TUBERIAS, CONEXIONES, VALVULAS PARA FUGAS, PARTES SUELTAS O DAÑADAS, CAMBIE SI ES NECESARIO	DIARIO		
			M	MT15	LIMPIE EL MOTOR ELECTRICO	SEMANAL		
			M	MT16	VERIFIQUE EL CONJUNTO EN CUANTO A VIBRACIONES, SOPORTES, PIEZAS SUELTAS	DIARIO		
			M	MA01	LIMPIAR Y VERIFICAR MOTOR	SEMANAL		
			M	MA02	REVISAR EL REDUCTOR, FUGAS, NIVEL DE ACEITE	DIARIO		
	REDUCTOR DEL MOTOR			MA03	CAMBIAR EL ACEITE DEL REDUCTOR	3000 HORAS / 1 AÑO		
			E	MA04	VERIFIQUE EL CABLE	SEMANAL		
				MA05	VERIFIQUE FUNCIONAMIENTO, CONEXIONES, SOPORTES	SEMANAL		
			M	MA06	INSPECCION GENERAL	DIARIO		
				MA07	VERIFIQUE TENSION DE LA FAJA, AJUSTE SEGUN SEA NECESARIO	SEMANAL		
				MA08	VERIFIQUE ALINEACION DE LA FAJA	SEMANAL		
FILTRO DE MANGAS	PULL CORD			MA09	LIMPIE LOS RODILLOS	SEMANAL		
				MA10	VERIFIQUE ESTADO, TRABAS, RODILLOS SUELTOS	SEMANAL		
				MA11	INSPECCION LA CORREA PARA DAÑOS, RAIADURAS, JUNTAS	SEMANAL		
				MA12	REVISAR CONEXIONES ELECTRICAS, CABLES SUELTOS, DAÑADOS, CAMBIE SI ES NECESARIO	SEMANAL		
			E	MA13	INSPECCION LOS CUADROS DE CONTROL, FUSIBLES, CONTACTORES, CUCHILLAS, LUCES, INDICADORES, CORRIJA SI ES NECESARIO	SEMANAL		
				MF01	VERIFIQUE VISUALMENTE LOS AMORTIGUADORES, BISAGRAS, CHAPAS, SOPORTES	SEMANAL		
	VENTILADOR		O	MF02	VERIFIQUE EL AMORTIGUADOR DEL MOTOR	DIARIO		
			O	MF03	VERIFIQUE E INSPECCION EL VENTILADOR, SI ES NECESARIO LIMPIELO	SEMANAL		
			O	MF04	VERIFIQUE VIBRACIONES ATIRICAS, ENCUENTRE LA CAUSA Y CORRIJA	DIARIO		
			O	MF05	VERIFIQUE LA TEMPERATURA DE LOS RODAMIENTOS	DIARIO		
				MF06	VERIFIQUE ESTADO DE LAS CORREAS, AJUSTE SI ES NECESARIO	SEMANAL		
				MF07	VERIFIQUE EL APRETE DE LOS PERINOS, AJUSTE SI ES NECESARIO	SEMANAL		
	FILTRO DE SALIDA DE GASES		E	MF08	VERIFIQUE LA LIMPIEZA DE LA UNIDAD	SEMANAL		
			M	MF09	VERIFIQUE LA POSICION DE PARADA DE LA DISTRIBUCION DE AIRE	SEMANAL		
				MF10	VERIFIQUE ENTRADA DE AIRE EN CUANTO A MATERIAL EXTRAÑO	SEMANAL		
				MF11	RETIRE POR LO MENOS UN FILTRO DE CADA SECCION Y VERIFIQUE EL SELLO DE SILICONA DE LA TAPA DE ACCESO	SEMANAL		
				MF12	VERIFIQUE LA EMISION DE GASES PARA LA ATMOSFERA	SEMANAL		
			M	MF13	MANTENGA EL FILTRO Y PISOS LIMPIOS PARA EVITAR CAIDAS	DIARIO		

PERSONAL QUE INTERVIENE EN EL SERVICIO					SERVICIOS EJECUTADOS
NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	H. I.	H. F.		

OBSERVACIONES

EMISION  
MANTENIMIENTO ABC  
NOMBRE:  
FECHA:

V B  
JEFE DE PLANTA  
NOMBRE:  
FECHA:

## ANEXO 14. Registro de fallas planta de Linitec

<i>lista de mensajes</i>		Linitec 2008-17	22.12.2016
13.12.2016 05:00:00	-	15.12.2016 23:59:59	
tiempo	NP. Txt	mensaje	
13.12.2016 22:51:12	9501	Control fue iniciado.	
13.12.2016 22:51:21	9502	Control iniciado con éxito.	
13.12.2016 22:51:27	200009	Filtro no tiene corriente de comando	
13.12.2016 22:51:29	170059	Sección de mineral - Falla en la tensión de comando	
13.12.2016 22:51:29	190002	Reja de protección abierta o traba manual accionada	
13.12.2016 22:51:29	190004	Tecla de emergencia en desvíos o techo de silo accionada	
13.12.2016 22:51:41	180013	Balanza de mineral o posición final defectuosa	
13.12.2016 23:12:38	200003	Quemador no está listo , Control del voltaje apagado!	
13.12.2016 23:12:38	200005	Quemador no prende	
13.12.2016 23:12:39	200085	bomba de alta presión de quemador - protector de motor activado, o falla en contactor R&S	
13.12.2016 23:15:39	5000	VD-inicio activado	
13.12.2016 23:15:39	5002	VD-parada activada	
13.12.2016 23:23:05	1	¿Se debe realizar una calibración del punto neutro de la balanza?	
13.12.2016 23:23:08	1	¿Se debe realizar una calibración del punto neutro de la balanza?	
13.12.2016 23:23:12	1254	Equipo de Mezclado 1 -La producción ha iniciado.	
13.12.2016 23:24:48	180011	puerta de mezclador o posición final defectuosa	
13.12.2016 23:52:15	180011	puerta de mezclador o posición final defectuosa	
14.12.2016 00:03:32	5001	VD-parada activada	
14.12.2016 00:03:32	5003	VD-producción paralizada	
14.12.2016 00:03:32	5004	VD-producción finalizada	
14.12.2016 00:06:41	1004	Equipo de Mezclado 1 -La producción se detendrá después de la próxima carga del mezclador.	
14.12.2016 00:07:26	1006	Equipo de Mezclado 1 -La producción se ha completado.	
14.12.2016 00:28:37	9503	Apagar control?	
14.12.2016 00:28:44	9504	Control fue apagado con éxito.	
14.12.2016 07:42:47	9501	Control fue iniciado.	
14.12.2016 07:42:55	9502	Control iniciado con éxito.	
14.12.2016 07:43:06	180013	Balanza de mineral o posición final defectuosa	
14.12.2016 10:51:36	9503	Apagar control?	
14.12.2016 10:51:44	9504	Control fue apagado con éxito.	
14.12.2016 21:45:40	9501	Control fue iniciado.	
14.12.2016 21:45:48	9502	Control iniciado con éxito.	
14.12.2016 21:46:59	180013	Balanza de mineral o posición final defectuosa	
14.12.2016 21:52:03	5000	VD-inicio activado	
14.12.2016 21:52:03	5002	VD-parada activada	
14.12.2016 22:00:11	1	¿Se debe realizar una calibración del punto neutro de la balanza?	

## ANEXO 15. Datos de produccion planta

### CONSUMO DE MATERIAL

tiempo 28.09. 2015 al 04.10.2015 7:00:00 AM - 7:00:00 AM

marca de agregado	tipo de material	cantidad	
0-5	torre de mezcla de agregado	888,60	tn
13-20	torre de mezcla de agregado	0,00	tn
20-34	torre de mezcla de agregado	174,19	tn
5--9	torre de mezcla de agregado	618,80	tn
9--13	torre de mezcla de agregado	239,04	tn
Filler Inter	filler	104,54	tn
total		2.025,17	tn

### MATERIALES PROGRAMADOS

tiempo 28.09. 2015 al 04.10.2015 7:00:00 AM - 7:00:00 AM

marca de agregado	tipo de material	cantidad	
Arena chancada		861,00	tn
Arena procesada		672,00	tn
Piedra chancada 1/2		210,00	tn
Piedra chancada 3/4		168,00	tn
total		1.911,00	tn

---

XXXXXXXXXX

### CONSUMO DE MATERIAL

tiempo 05.10.2015 al 11.10.2015 7:00:00 AM - 7:00:00 AM

marca de agregado	tipo de material	cantidad	
0-5	torre de mezcla de agregado	713,73	tn
13-20	torre de mezcla de agregado	0,00	tn
20-34	torre de mezcla de agregado	134,47	tn
5--9	torre de mezcla de agregado	500,87	tn
9--13	torre de mezcla de agregado	186,78	tn
Filler Inter	filler	92,64	tn
total		1.628,49	tn

### MATERIALES PROGRAMADOS

tiempo 05.10.2015 al 11.10.2015 7:00:00 AM - 7:00:00 AM

marca de agregado	tipo de material	cantidad	
Arena chancada		440,35	tn
Arena procesada		253,91	tn
Piedra chancada 1/2		426,32	tn
Piedra chancada 3/4		439,44	tn
total		1.560,02	tn

---

XXXXXXXXXX

### CONSUMO DE MATERIAL

tiempo 14.12.2015 al 20.12.2015 7:00:00 AM - 7:00:00 AM

marca de agregado	tipo de material	cantidad	
0-5	torre de mezcla de agregado	1.052,73	tn
13-20	torre de mezcla de agregado	0,00	tn
20-34	torre de mezcla de agregado	246,00	tn
5--9	torre de mezcla de agregado	483,08	tn
9--13	torre de mezcla de agregado	494,44	tn
Filler Inter	filler	120,84	tn
total		2.397,09	tn

### MATERIALES PROGRAMADOS

tiempo 30.11.2015 al 06.12.2015 7:00:00 AM - 7:00:00 AM

marca de agregado	tipo de material	cantidad	
Arena chancada		752,00	tn
Arena procesada		423,72	tn
Piedra chancada 1/2		522,83	tn
Piedra chancada 3/4		550,38	tn
total		2.248,93	tn

XXXXXXXXXX

### CONSUMO DE MATERIAL

tiempo 01.03.2016 al 06.03.2016 7:00:00 AM - 7:00:00 AM

marca de agregado	tipo de material	cantidad	
0-5	torre de mezcla de agregado	387,74	tn
13-20	torre de mezcla de agregado	0,00	tn
20-34	torre de mezcla de agregado	73,86	tn
5--9	torre de mezcla de agregado	245,22	tn
9--13	torre de mezcla de agregado	130,56	tn
Filler Inter	filler	41,15	tn
total		878,53	tn

### MATERIALES PROGRAMADOS

tiempo 01.03.2016 al 06.03.2016 7:00:00 AM - 7:00:00 AM

marca de agregado	tipo de material	cantidad	
Arena chancada		390,00	tn
Arena procesada		307,20	tn
Piedra chancada 1/2		96,00	tn
Piedra chancada 3/4		76,80	tn
total		870,00	tn

XXXXXXXXXX

### CONSUMO DE MATERIAL

tiempo 04.04.2016 al 10.04.2016 7:00:00 AM - 7:00:00 AM

marca de agregado	tipo de material	cantidad	
0-5	torre de mezcla de agregado	1.006,04	tn
13-20	torre de mezcla de agregado	0,00	tn
20-34	torre de mezcla de agregado	215,10	tn
5--9	torre de mezcla de agregado	787,00	tn
9--13	torre de mezcla de agregado	251,01	tn
Filler Inter	filler	123,76	tn
total		2.382,91	tn

### MATERIALES PROGRAMADOS

tiempo 04.04.2016 al 10.04.2016 7:00:00 AM - 7:00:00 AM

marca de agregado	tipo de material	cantidad	
Arena chancada		1.049,60	tn
Arena procesada		819,20	tn
Piedra chancada 1/2		256,40	tn
Piedra chancada 3/4		204,80	tn
total		2.330,00	tn

XXXXXXXXXX

### CONSUMO DE MATERIAL

tiempo 23.05.2016 al 29.05.2016 7:00:00 AM - 7:00:00 AM

marca de agregado	tipo de material	cantidad	
0-5	torre de mezcla de agregado	725,85	tn
13-20	torre de mezcla de agregado	0,00	tn
20-34	torre de mezcla de agregado	164,70	tn
5--9	torre de mezcla de agregado	550,35	tn
9--13	torre de mezcla de agregado	193,00	tn
Filler Inter	filler	87,90	tn
total		1.721,80	tn

### MATERIALES PROGRAMADOS

tiempo 23.05.2016 al 29.05.2016 7:00:00 AM - 7:00:00 AM

marca de agregado	tipo de material	cantidad	
Arena chancada		766,00	tn
Arena procesada		598,00	tn
Piedra chancada 1/2		187,00	tn
Piedra chancada 3/4		149,00	tn
total		1.700,00	tn

XXXXXXXXXX



ANEXO 16. Detalles de inversion realizada

ITEM	ADQUISICION DE GRUPO ELECTROGENO	UNIDAD	CANTIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1.0	MATERIALES Y EQUIPOS				45,678
1.1	Grupo Electrógeno CAT 3304- 55KW	und	01	45,000	
1.2	Cable Indeco NH- 1x16 mm	mt	30	240	
1.3	Terminales de compresión Talma T-16	und	10	50	
1.4	Barra de Cu 2"x10"x3/16"	und	02	30	
1.5	Conmutador 1-0-2 Salzar 200A	und	01	200	
1.6	Cintas 3 M super 33	und	01	16	
1.7	Cintas 3 M super 23	und	01	42	
1.8	otros	c/g		100	
2.0	MANO DE OBRA				890
2.1	Supervisor eléctrico	H/H	16.0	300	
2.2	Técnico especialista	H/H	16.0	200	
2.3	Operario calificado	H/H	16.0	160	
2.4	Mecánico - Montajista	H/H	8.0	100	
2.5	Operador de grúa 10 TN	H/H	8.0	130	
		TOTAL S/.			46,568

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1.0	MATERIALES DE ESCRITORIO				2,500
1.1	Capacitaciones	und	01	800	
1.2	Impresión de formatos	mt	30	100	
1.3	Implementación de 3s	und	10	1200	
1.4	Materiales de escritorio	und	02	400	
		TOTAL S/.			2,500

ITEM	MEJORAS DE PLANTA	UNIDAD	CANTIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1.0	MATERIALES				5,040
1.1	Tubería pesada ASTM 3"x 6m	und	02	240	
1.2	Tubería pesada ASTM 4"x 6m	und	02	300	
1.3	Plancha LAC 60x1200x2400	und	04	1000	
1.4	Válvula 3 vías 3"	und	01	250	
1.5	Bridas	und	08	320	
1.6	Soldadura cell cord 3/16"	kg	10	160	
1.7	Discos de corte 4.5"	und	20	160	
1.8	otros	c/g		500	
1.9	Cable INDECO 4x4 mm2 NH	mt	100	1200	
1.10	tubería conduit pesada 3/4"	und	20	160	
1.11	Fabricación de soportes de aluminio sensores	und	04	50	
1.12	Tablero de control de bomba de descarga	und	01	700	
2.0	MANO DE OBRA				2960
2.1	ingeniería	H/H	16.0	300	
2.2	Técnico especialista	H/H	48.0	700	
2.3	Operario calificado	H/H	48.0	360	
2.4	Mecánico - Montajista	H/H	48.0	600	
2.6	Programación de software	H/H	8.1	1000	
		TOTAL S/.			8,000

ANEXO 17. Ahorro en costos de mantenimiento programado Grupo Modasa 650 KVA

Grupo Modasa	Antes TPM	Después TPM
Horas de servicio : anual	4608	2304
Frecuencia de mantto según fabricante : (horas)	250	250
O.T. de mantenimiento programado	19	10
Costo/mantenimiento programado	3960	3960
Subtotal	75240	39600
Ahorro obtenido:	S/.	35640

## ANEXO 18. Certificado originalidad

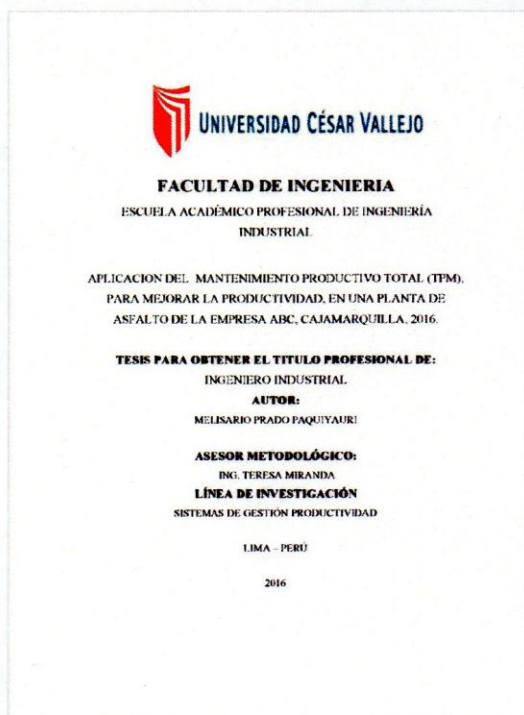


### Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **Melisario Prado Paquiyauri**  
Título del ejercicio: **TESIS ING IND PRADO**  
Título de la entrega: **TESIS ING IND PRADO PAQUIYAURI**  
Nombre del archivo: **turnitin\_15.12.pdf**  
Tamaño del archivo: **1.07M**  
Total páginas: **62**  
Total de palabras: **12,599**  
Total de caracteres: **69,480**  
Fecha de entrega: **15-dic-2016 09:32p.m.**  
Identificador de la entrega: **753891684**



# ANEXO 19 Validación de instrumentos



## CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
	<b>DIMENSIÓN 1 : Preparación</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
1		✓		✓		✓		
2								
3								
4								
5								
6								
	<b>DIMENSIÓN 2 : Implementación</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
7		✓		✓		✓		
8								
9								
10								
11								
12								
	<b>DIMENSIÓN 3 :</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
13		✓						
14								
15								
17								

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable ☒    Aplicable después de corregir ☐    No aplicable ☐

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: ZENA RAMOS JOSÉ LA ROSA    DNI: 17538125

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima, 14 de diciembre del 2016.

  
 \_\_\_\_\_

Firma del Experto Informante.



## CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE PRODUCTIVIDAD

Nº	DIMENSIONES / Ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
	<b>DIMENSIÓN 1: Eficacia</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
1		✓		✓		✓		
2								
3								
4								
5								
6								
	<b>DIMENSIÓN 2: Eficiencia</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
7		✓		✓		✓		
8								
9								
10								
11								
12								
	<b>DIMENSIÓN 3:</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
13								
14								
15								
17								

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:      Aplicable [X]      Aplicable después de corregir [ ]      No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: Tenir J. Miranda H.      DNI: 88076360

Especialidad del validador: ING. INDUSTRIAL

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima, 14 de diciembre del 2015.

Tenir J. Miranda H.

Firma del Experto Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)**

Nº	DIMENSIONES / Ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1 : Preparación</b>							
1		/		/		/		
2								
3		/		/		/		
4								
5								
6								
	<b>DIMENSIÓN 2 : Implementación</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
7								
8		/		/		/		
9								
10		/		/		/		
11								
12								
	<b>DIMENSIÓN 3 :</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
13								
14								
15								
17								

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:      Aplicable [ ☐ ]      Aplicable después de corregir [ ☐ ]      No aplicable [ ☐ ]

Apellidos y nombres del juez validador Dr / Mg: Jorge Malpartida G. DNI: 10400346

Especialidad del validador: Ing. Industrial

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima, 14 de diciembre del 2015.

  
Firma del Experto Informante.